



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN, ESPECIALIDAD EN
SONIDO E IMAGEN

Título del proyecto:

“DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA EN *MATLAB* PARA LA
COMPARACIÓN DE MALLAS DE PARAMETROS ACÚSTICOS
SIMULADOS CON *ODEON*”

Nerea Flamarique Eguaras

Dr. Ricardo San Martín Murugarren

Pamplona, 5 de Septiembre de 2013



4.1.8.	Parámetros relacionados con a la inteligibilidad de la palabra	26
4.1.8.1.	Índice transmisión habla (STI)	26
4.1.8.2.	RASTI	27
4.1.8.3.	Pérdida de articulación de consonantes (%Alcons).....	27
4.1.8.4.	Relaciones entre %ALCons y STI/RASTI	28
4.1.9.	Parámetros relacionados con impresiones subjetivas	28
4.1.9.1.	Brillo (Br).....	28
4.1.9.2.	Calidez (BR).....	28
4.1.10.	Parámetros relacionados con curvas de decrecimiento no lineales	29
4.1.10.1.	Grado de curvatura (C)	29
4.2.	DATOS DE SALIDA PROPORCIONADOS POR EL PROGRAMA	30
4.2.1.	Gráficas 3D de las salas	30
4.2.2.	Graficas estadísticas	31
4.2.3.	Grafica diferencias del parámetro representado	32
4.2.3.1	Valores JND (Just Noticeable Difference).....	33
4.2.4.	Errores medios cometidos.....	33
4.2.4.1.	Fórmulas.....	34
4.2.4.2.	Tipos de errores	34
4.2.4.2.1.	Errores parámetros medidos	34
4.2.4.2.2.	Errores parámetros simulados.....	35
4.3.	RECOMENDACIONES DE <i>ODEON</i> PARA UNA SIMULACIÓN FIABLE	35
4.3.1.	Aproximaciones hechas por los algoritmos de <i>ODEON</i>	35
4.3.2.	Parámetros de cálculo inadecuados	36
4.3.2.1.	Numero de rayos tardíos	36
4.3.3.	Coeficientes de absorción de los materiales imprecisos	37
4.3.3.1.	Solución si los materiales son imprecisos	37
4.3.3.2.	Absorción a baja frecuencia.....	38
4.3.3.3.	Materiales duros	38
4.3.4.	Coeficientes de dispersión de los materiales imprecisos	38
4.3.5.	Definición de la geometría no exacta u óptima para <i>ODEON</i>	38
4.3.6.	Posiciones de los receptores.....	39
4.3.6.1.	Distancia mínima fuente-receptor.....	39
4.3.6.2.	Distancia mínima receptor-superficie más cercana.....	39



5.2.6.	Función <i>normal.m</i>	67
5.2.6.1.	Llamada a la función.....	67
5.2.6.2.	Descripción.....	67
5.2.6.3.	Parámetros de entrada y salida	67
5.2.6.4.	Procedimiento	68
5.2.6.5.	Diagrama de flujo.....	69
5.2.7.	Función <i>dif_jnd.m</i>	70
5.2.7.1.	Llamada a la función.....	70
5.2.7.2.	Descripción.....	70
5.2.7.3.	Parámetros de entrada y salida	70
5.2.7.4.	Procedimiento.....	71
5.2.7.5.	Diagrama de flujo.....	72
5.2.8.	Función <i>grafica.m</i>	73
5.2.8.1.	Llamada a la función.....	73
5.2.8.2.	Descripción.....	73
5.2.8.3.	Parámetros de entrada y salida	74
5.2.8.4.	Procedimiento.....	75
5.2.8.5.	Diagrama de flujo.....	76
5.2.9.	Función <i>estadistica.m</i>	77
5.2.9.1.	Llamada a la función.....	77
5.2.9.2.	Descripción.....	77
5.2.9.3.	Parámetros de entrada y salida	77
5.2.9.4.	Procedimiento.....	78
5.2.9.5.	Diagrama de flujo	79
5.2.10.	Función <i>error_cometido.m</i>	80
5.2.10.1.	Llamada a la función	80
5.2.10.2.	Descripción	80
5.2.10.3.	Parámetros de entrada y salida.....	80
5.2.10.4.	Procedimiento	81
5.2.10.5.	Diagrama de flujo	82



5.2.11.	Función <i>principal_v11/v12.m</i>	83
5.2.11.1.	Llamada a la función.....	83
5.2.11.2.	Descripción.....	83
5.2.11.3.	Parámetros de entrada y salida.....	83
5.2.11.4.	Procedimiento	84
5.2.11.5.	Diagrama de flujo	86
6.	INTERFAZ GRÁFICA	87
6.1.	INTRODUCCIÓN	87
6.2.	NOCIONES BÁSICAS DE GUIDE.....	88
6.2.1.	Barra de herramientas.....	89
6.2.2.	Paleta de componentes.....	90
6.2.3.	Asignación u obtención de valores	91
6.2.4.	Inspector de propiedades.....	92
6.3.	INTERFAZ GRAFICA COMPARADOR ACÚSTICO.....	93
6.3.1.	Objetivos.....	93
6.3.2.	Descripción interface	93
6.3.3.	Diagrama de navegación GUI	94
6.3.4.	Diseño pantalla inicio.....	95
6.3.4.1.	Descripción.....	95
6.3.4.2.	Aspecto final.....	95
6.3.4.3.	Componentes utilizados.....	96
6.3.4.4.	Imagen de fondo	97
6.3.5.	Diseño pantallas secundarias	100
6.3.5.1.	Descripción.....	100
6.3.5.2.	Aspecto final.....	102
6.3.5.3.	Componentes utilizados.....	102
6.3.5.4.	Herramientas comparador.....	104
6.4.	INTRODUCCIÓN PROGRAMACION GUI	106
6.5.	PROGRAMACION CALLBACK'S OBJETOS.....	106
6.5.1.	Condiciones iniciales	106
6.5.1.1.	Posicionamiento de la ventana	107
6.5.1.2.	Carga imágenes.....	107
6.5.1.3.	Inicialización variables	107



6.5.2.	Cerrar ventana	108
6.5.3.	Abrir	109
6.5.4.	Parámetro	111
6.5.5.	Frecuencia.....	114
6.5.6.	Comparar.....	115
6.5.7.	Diferencia.....	118
6.5.8.	Pop-up escala jnd.....	121
6.5.9.	Volver inicio	123
6.5.10.	Imprimir	123
6.6.	PROGRAMACIÓN VENTANA INICIO.....	124
6.6.1.	Condiciones iniciales	124
6.6.2.	Cerrar ventana	124
6.6.3.	Botón inicio pantalla comparación (v11/v12)	125
6.7.	ADAPTACIÓN DE LAS FUNCIONES A LA GUI.....	126
6.7.1.	Función escala salas.....	127
6.7.2.	Función escala jnd	130
7.	MANUAL DE USUARIO	131
8.	EJEMPLO PRÁCTICO	139
8.1.	INTRODUCCIÓN	139
8.2.	DATOS AUDITORIO.....	140
8.3.	SIMULACIÓN ODEON	141
8.4.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	145
9.	CONCLUSIONES	160
9.1.	CONCLUSIONES PROGRAMA	160
9.2.	CONCLUSIONES SIMULACIÓN ODEON.....	161
9.3.	CONCLUSIONES EJEMPLO PRÁCTICO.....	161
10.	PROPUESTA MEJORA	162
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	163
12.	PÁGINAS WEB VISITADAS	163



13. ANEXOS.....	164
13.1. ANEXO 1: CÓDIGO MATLAB	164
13.1.1. Código función principal_v11/v12.....	164
13.1.2. Código función lectura.....	166
13.1.3. Código función selección v11/v12	169
13.1.4. Código función posiciones	171
13.1.5. Código función parametro	172
13.1.6. Código función normal	173
13.1.7. Código función grafica.....	174
13.1.8. Código función estadística	176
13.1.9. Código función dif_jnd	177
13.1.10. Código función error cometido	181
13.1.11. Código función escala_jnd	181
13.1.12. Código función escala_param.....	182
13.1.13. Código GUI COMPARADOR_INI	183
13.1.14. Código GUI COMPARADOR_v12/V11	186
13.2. ANEXO 2: TODOS LOS RESULTADOS T30.....	208
13.3. ANEXO 3: IMÁGENES COMPARADOR PARÁMETROS A 1KHZ	216
13.4. ANEXO 4: VALORES MEDIOS PARÁMETROS.....	228
13.5. ANEXO 5: GRÁFICAS VARIACIONES POR FRECUENCIAS	234
13.6. ANEXO 6: GRÁFICAS VARIACIONES A 1K.....	240



1. INTRODUCCIÓN

Este Proyecto Fin de Carrera desarrolla la creación de una Interfaz Gráfica para la comparación de distintos parámetros acústicos simulados en cualquier tipo de sala con el software de simulación acústica *ODEON versión 11* u *ODEON versión 12*.

En esta memoria se explica cómo partiendo de estos datos en *ODEON* se han creado, en el lenguaje propio de *MATLAB*, las funciones que componen el programa y, posteriormente, se ha implementado una GUI mediante la herramienta GUIDE, que *MATLAB* ofrece para su diseño, y la adaptación a ese entorno de las funciones realizadas.

Se ha perseguido que la interfaz gráfica sea sencilla, fácil de utilizar y de un vistazo se pueda tener una idea de la similitud o no de los datos a comparar, sus valores y su distribución. Su diseño es modular, de forma que sus prestaciones puedan ser aumentadas o mejoradas.

La memoria está dividida en 4 grandes bloques:

- Teoría
- Programación
- GUI
- Ejemplo de práctico de aplicación

El primer bloque, capítulo 4, introduce algunos conceptos teóricos acerca de los parámetros que pueden compararse en las salas introducidas al programa implementado y otros de cómo se evalúa el ajuste de las salas mediante las diferencias mínimas perceptibles.

El segundo bloque, capítulo 5, trata del trabajo de programación a partir de los datos de partida. En él se detallan una a una las distintas funciones implementadas en *MATLAB*.

El tercer bloque, capítulo 6, se centra en el desarrollo de la interfaz del *comparador acústico*. Se describe la programación de los distintos objetos y se comenta la adaptación a la GUI de las funciones creadas con anterioridad.

El cuarto bloque, capítulos 7-8, explican brevemente mediante ejemplos cómo funciona la interfaz creada y, además, se propone el análisis de la influencia de la incertidumbre en los coeficientes de materiales tanto reflectantes como absorbentes en el resultado de parámetros acústicos simulados.



2. ANTECEDENTES

El interés por las asignaturas relacionadas con el campo de la Acústica en la carrera hizo que me plantease realizar mi Proyecto Fin de Carrera en el departamento de Física.

Mi tutor me propuso, en un principio, ampliar los mis conocimientos sobre el proceso de ajuste de los parámetros de cálculo del propio *ODEON* para simular con la máxima precisión.

Tras documentarme mediante la búsqueda de distintos artículos científicos referentes a procesos de ajuste medida-simulación más habituales y la influencia de los parámetros de cálculo en *ODEON*, decidimos concretar que mi PFC consistiría en la elaboración de una herramienta con *MATLAB* que pudiese comparar y también representar distintos parámetros acústicos.

Se determinó trabajar con *MATLAB* debido a que era una herramienta conocida y utilizada en la carrera aunque, en un principio, no tenía grandes conocimientos de la misma por lo que supondría un reto para mí.

Además, a la hora de crear una interfaz gráfica, *MATLAB* permitía aprovechar todo su potencial operativo pero presentando todo de manera sencilla con la utilización de diferentes elementos gráficos como botones, menús, textos, gráficas 2D y 3D, etc., más orientados al usuario pero, a su vez, programables.

Por tanto, *MATLAB* nos proporcionaba la gran ventaja de mostrar los datos y manejar la interfaz de la herramienta de forma intuitiva para todo tipo de usuarios que, aun no teniendo experiencia en trabajar con *MATLAB*, podrían utilizarla con total facilidad.

Finalmente se decidió completar el trabajo de desarrollo de la herramienta con el estudio de una de las fuentes de error más comunes en las simulaciones acústicas como es la imprecisión en los coeficientes de absorción y su impacto en los resultados obtenidos.

Para ello se abordó, sobre la base de las simulaciones de todos los parámetros acústicos realizados butaca por butaca en el Auditorio del Conservatorio Superior de Música de Navarra, la simulación con la máxima precisión de dicha sala en *ODEON* y el posterior análisis de la influencia de la incertidumbre en los coeficientes de absorción del material más reflectante y más absorbente del auditorio mediante la utilización del programa que facilita este análisis estadístico, de comparación y representación de los valores obtenidos.

3. OBJETIVO

El objetivo principal del este proyecto es la implementación de una herramienta en *MATLAB* para el análisis espacial de parámetros acústicos simulados en todo tipo de recintos, permitiendo comparar los valores de distintos parámetros acústicos simulados procedentes del *software ODEON*.

Entre los parámetros acústicos tratados se encuentran los derivados de la respuesta impulsiva teniendo en cuenta el tiempo de caída como EDT y T30; los que tienen en cuenta el balance de energía inicial y final como definición (D50), claridad musical (C80) y Ts; los relacionados con la energía lateral inicial como JLF (LF en *ODEON*), JLFC (LFC en *ODEON*), y Lj; y parámetros binaurales como IACC, entre otros.

Mediante esta herramienta se pretende profundizar en el proceso de ajuste de las modelizaciones acústicas en cualquier recinto teniendo en cuenta su grado de ajuste mediante las diferencias mínimas perceptibles (jnd). Además de sus representaciones gráficas 3D, sus representaciones estadísticas y los datos del error medio cometido al comparar las salas. Convirtiéndose así, en una herramienta que permite evaluar el efecto producido por diferentes variables involucradas en el proceso de modelización de espacios a usuarios no avanzados gracias al tutorial de sus especificaciones y una interfaz gráfica eficaz e intuitiva, tanto a nivel de funcionalidad como de usabilidad.

4. DATOS DE ENTRADA Y SALIDA DEL PROGRAMA

En este capítulo se describen los **distintos tipos de datos** que maneja la herramienta de comparación: desde los datos de partida en los que se basa el programa para realizar la comparación y los tipos de parámetros que pueden compararse (capítulo 4.1), hasta los datos que se obtienen con ella (capítulo 4.2). Por último, se repasa una serie de recomendaciones que hace el propio programa *ODEON* en su manual para que la simulación acústica y obtención de datos de entrada al *comparador* sea lo más fiable posible (capítulo 4.3).

4.1. DESCRIPCIÓN DATOS INICIALES

4.1.1. Archivos de partida

Los datos necesarios para realizar la comparación de parámetros simulados y medido proceden de un archivo *.txt o Excel en el que aparecen los distintos parámetros acústicos con sus respectivas medidas.

Según la versión de *ODEON* que se utilice serán presentados de la siguiente manera:

- **Para ODEON 11:**

GRID RESPONSE ENERGY PARAMETERS for job 1

Grid receiver 1 at (x, y, z) = (-5, 8; 11, 8; 0, 2)

PARAM	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	1,97	1,89	1,90	1,78	2,09	1,93	1,74	0,80
T(30)	1,70	1,78	1,92	1,88	1,96	1,89	1,58	0,89
Ts	111	117	121	109	118	121	95	50
SPL	10,7	10,8	11,1	10,8	11,1	11,0	10,0	7,6
D(50)	0,48	0,47	0,45	0,47	0,44	0,43	0,49	0,67
C(80)	1,3	1,0	0,8	1,3	0,8	0,6	1,9	5,8
LF(80)	0,237	0,237	0,240	0,234	0,226	0,217	0,211	0,195
SPL(A)	17,4							
STI	0,50							
Lj(Avrerage)	8,1							

Grid receiver 2 at (x,y,z) = (-5,8; 12,3; 0,4)

PARAM	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	1,84	1,99	2,11	1,88	1,97	1,84	1,63	0,80
T (30)	1,84	1, 90	1,89	1,80	1,95	1,98	1,49	0,88
Ts	100	106	113	105	115	118	94	49
SPL	11,1	11,2	11,3	10,9	11,0	11,0	10,0	7,5
D (50)	0,53	0,51	0,48	0,49	0,45	0,43	0,49	0,67
C (80)	2,0	1,7	1, 3	1,6	1,0	0,8	2,0	5,8
LF (80)	0,249	0,246	0,264	0,269	0,261	0,251	0,244	0,228
SPL (A)	17,3							
STI	0,51							
Lj (Avrerage)	8, 1							



- **Para ODEON 12:**

GRID RESPONSE ENERGY PARAMETERS for job 1

Grid receiver 1

Position	3,720	26,368	7,941					
PARAM	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	1,27	1,30	1,46	1,42	1,66	1,99	2,29	1,53
T(15)	1,59	1,61	1,79	1,76	1,97	2,25	2,49	1,81
T(20)	1,57	1,60	1,76	1,73	1,96	2,24	2,48	1,80
T(30)	1,56	1,59	1,74	1,73	1,97	2,25	2,49	1,79
Curvature(C)	-0,7	-0,6	-1,1	-0,3	0,5	0,7	0,5	-0,6
Ts	106	108	120	119	134	153	170	128
SPL	8,7	9,0	9,6	9,6	10,2	10,8	11,2	9,4
SPL(Aft)	-17,5	-7,2	0,9	6,3	10,2	12,0	12,2	8,2
D(50)	0,34	0,34	0,31	0,30	0,26	0,23	0,20	0,24
C(7)	-19,1	-20,2	-21,8	-22,8	-24,5	-26,5	-28,8	-29,2
C(50)	-2,8	-3,0	-3,6	-3,7	-4,5	-5,3	-6,0	-5,0
C(80)	0,6	0,5	-0,2	-0,3	-1,1	-1,8	-2,3	-0,9
U(50)	-2,8	-3,0	-3,6	-3,7	-4,5	-5,3	-6,0	-5,0
U(80)	0,6	0,5	-0,2	-0,3	-1,1	-1,8	-2,3	-0,9
LF(80)	0,246	0,251	0,254	0,268	0,278	0,292	0,297	0,307
LFC(80)	0,396	0,403	0,409	0,424	0,435	0,450	0,455	0,465
Lj	-7,7	-7,7	-7,3	-7,1	-6,8	-6,5	-6,4	-7,0
Diffusivity(ss)	7,0	7,7	7,3	7,3	7,7	8,3	8,9	14,4
Echo(Dietsch)	0,51	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51	0,52	0,51
IACCearly	0,000	0,000	128,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
IACClate	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
IACCtotal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SPL(A)	17,4							
SPL(Lin)	18,9							
SPL(C)	18,4							
STI	0,49							
STI (Female)	0,27							
STI (Male)	0,27							
RASTI	0,49							
STI(expected)	0,00							
T(30_Average)	1,8							
LF(80_Average)	0,263							
Lj(Average)	-0,3							
BR(RT)	0,9							
BR(SPL)	-0,6							
SIL	10,4							
AI	1,00							
Alcons(STI)	12,55							
Density(reflections)	353,32							

Grid receiver 2

Position	3,720	27,068	8,235					
PARAM	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	1,26	1,29	1,46	1,41	1,66	1,98	2,27	1,51

Como se puede comprobar la versión 12 de *ODEON* ofrece más parámetros con los caracterizar las salas de manera más exhaustiva, y la posición (x,y,z) de medida aparece en la fila *position* no en la fila correspondiente al número de receptor de la malla *Grid receiver nº*.

A continuación se ofrece una breve descripción parámetros acústicos más interesantes para comprenderlos mejor.

4.1.2. Parámetros relacionados con el tiempo de caída

A partir de la respuesta al impulso de la sala con la cual, según la Teoría de sistemas y Fourier, queda caracterizada completamente una sala, se puede obtener analizando la curva de caída energética (Energy Decay Curve (EDC)), obtenida mediante una integración invertida en el tiempo (Schroeder, 1965) de la respuesta cuadrática al impulso:

$$EDC(t) = \int_t^{\infty} h^2(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} h^2(\tau) d\tau - \int_0^t h^2(\tau) d\tau$$

Ecuación 1: EDC (t)

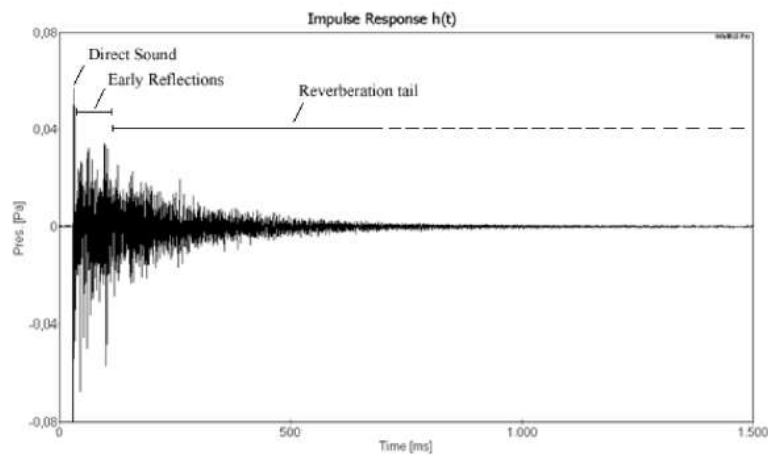


Figura 1: Perfil típico de una respuesta al impulso emisor-receptor.

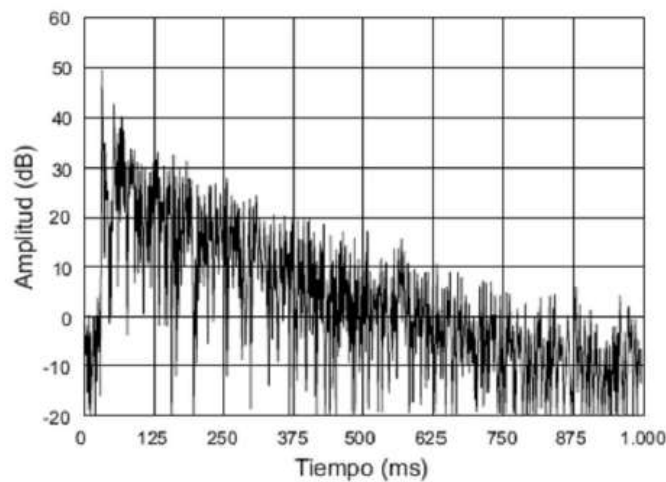


Figura 2: Curva energía-tiempo medida en un punto de un recinto

La determinación de la pendiente para calcular el tiempo de reverberación se realiza mediante la regresión lineal de la curva de caída por mínimos cuadrados.

El tiempo de reverberación (TR) se define como: *el tiempo que transcurre desde que la fuente deja de emitir hasta que el nivel de presión sonora cae 60 dB*.

Este parámetro hace referencia al grado de reverberación percibido en la sala y también corresponde con el grado de “viveza” de la sala.

Debido a la imposibilidad, en la mayoría de los casos prácticos, de obtener un rango de caída tan elevado (como consecuencia, en general, al ruido de fondo de la sala), se evalúa en diferentes intervalos apareciendo así:

4.1.2.1. T30:

Tiempo que tarda en decaer el nivel de presión sonora entre 5 y 35 dB por debajo del nivel inicial y extrapolado a una caída de 60 dB por lo que se multiplica por dos.

4.1.2.2. T20:

Tiempo que tarda en decaer el nivel de presión sonora entre 5 y 25 dB por debajo del nivel inicial y extrapolado a una caída de 60 dB por lo que se multiplica por tres.

4.1.2.3. T15:

Tiempo que tarda en decaer el nivel de presión sonora entre 5 y 20 dB por debajo del nivel inicial y extrapolado a una caída de 60 dB por lo que se multiplica por cuatro.

4.1.2.4. EDT

Se define como: *seis veces el tiempo que transcurre desde que la fuente deja de emitir hasta que el nivel de presión sonora cae 10 dB*, por lo que se obtendrá a partir de los primeros 10 dB de caída. El tiempo de caída se calcula a partir de esta pendiente extrapolando a una caída de 60 dB.

Mediante test psicoacústicos, basados en respuestas impulsivas binaurales grabadas en diferentes salas, se ha comprobado que la reverberación percibida está estrechamente relacionada con este parámetro, por tanto valor del mismo será más fiable que el valor de TR a la hora de valorar la impresión subjetiva de viveza de la sala.

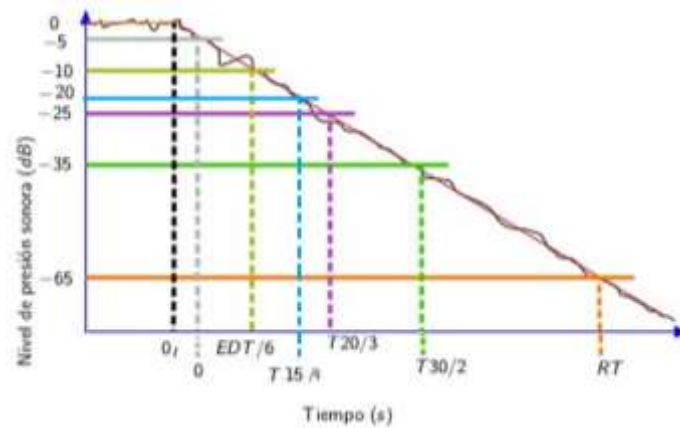


Figura 3: Curva decaimiento de NPS-tiempo

4.1.3. Parámetros relacionados con el balance de energía inicial y final

En este apartado se consideran las relaciones entre la energía acústica de la parte inicial y final de la respuesta al impulso.

Exceptuando ocasiones especiales donde el nivel de reflexión es excesivamente alto y llega o demasiado tarde (produciendo ecos) o demasiado pronto (produciendo coloración), las primeras reflexiones “apoyan” al sonido directo.

Las reflexiones que llegan con retardo contribuyen a la parte reverberante de la respuesta de la sala. El principal efecto de la energía reverberante es producir un nivel de fondo de la sala. Puede ser beneficioso, añadiendo, calidez a la música, o indeseable añadiendo ruido de fondo y reduciendo de ese modo la definición de la señal. Por este motivo es necesario distinguir entre la parte inicial y la parte final de la respuesta impulsiva.

El tiempo crítico, anterior al cual las reflexiones contribuyen al sonido directo posterior al cual las reflexiones simplemente contribuyen a la reverberación está situado entre 50 y 100 ms.

4.1.3.1. Definición (D₅₀):

Relación entre la energía que llega al oyente dentro de los 50 primeros ms desde la llegada del sonido directo (incluyendo el sonido directo y las primeras reflexiones) y la energía total recibida por el mismo.

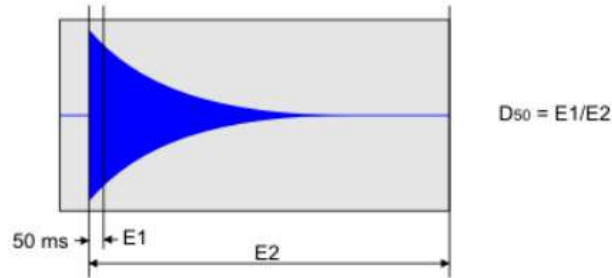


Figura 4: Definición (D₅₀)

Se expresa en forma porcentual y es empleada como indicador de la transmisión oral teniendo una buena correlación con la inteligibilidad de la palabra determinada por el STI.

$$D_{50} = \frac{E_{50ms}}{E_T} = \frac{\int_0^{50ms} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} (\%)$$

Ecuación 2: D50

Actualmente D50 se expresa en tanta por uno.

4.1.3.2. Claridad de la voz (C₅₀)

Se define igual que el D₅₀ pero se calcula en cada banda de frecuencia entre 125 Hz y 4kHz, expresándose en dB.

Puede presentarse también mediante un solo valor representativo, “speech average”, calculándose la media aritmética ponderada de los valores correspondientes a las bandas 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz y 4 KHz con los factores de ponderación del 15%, 25%, 35% y 25%, respectivamente, de acuerdo con la contribución estadística aproximada de cada banda a la inteligibilidad de la palabra.

$$C_{50} = 10 \log \left(\frac{E_{50ms}}{E_T} \right) = 10 \log \left(\frac{\int_0^{0.05s} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} \right) (dB)$$

Ecuación 3: C50

También se puede calcular en base a la Definición (D_{50}) mediante la ecuación:

$$C_{50} = 10 \log \left(\frac{D_{50}}{1 - D_{50}} \right) (dB) \quad ; \quad D_{50} = \frac{1}{1 + 10^{\frac{-C_{50}}{10}}}$$

Ecuación 4: Relación D50-C50

4.1.3.3. Claridad musical (C_{80})

Se define como la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo y la que llega después de los primeros 80 ms. Se calcula en cada banda de frecuencias entre 125 Hz y 4KHz y se expresa en escala logarítmica (dB).

El “music average” se obtiene a partir del valor medio de las bandas de 500 Hz, 1 KHz y 2 KHz. Este parámetro es un indicativo del grado de separación existente entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical.

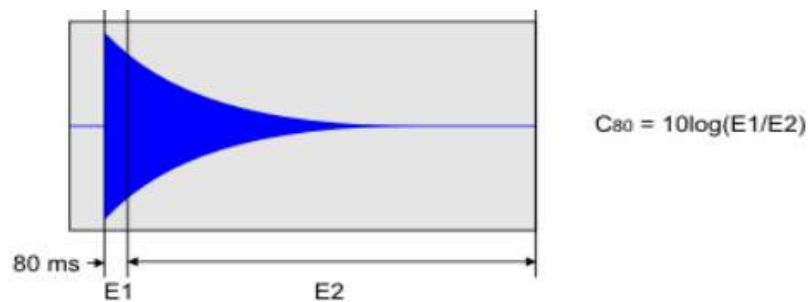


Figura 5: Claridad musical (C_{80})

$$C_{80} = 10 \log \left(\frac{E_{80ms}}{E_T} \right) = 10 \log \left(\frac{\int_0^{0.08s} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} \right) (dB)$$

Ecuación 5: C80

4.1.3.4. Tiempo central o cetro de gravedad (Ts)

El tiempo del centro de gravedad de la respuesta impulsiva cuadrática es el momento de primer orden del área situada bajo la curva de decaimiento energético y se mide en segundos, es decir, el primer momento de la respuesta cuadrática al impulso.

Ts está estrechamente relacionado con el parámetro EDT, con coeficiente de correlación típica de 0.975, por lo que cada vez es menos frecuente su utilización.

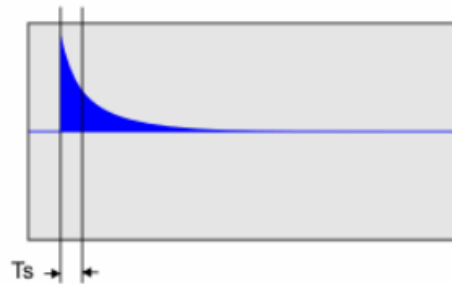


Figura 6: Tiempo central (Ts)

$$T_s = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} = \frac{\sum t \cdot E_t}{E_{0-\infty}} (ms)$$

Ecuación 6: Ts

4.1.4. Parámetros relacionados con niveles sonoros

Estos parámetros complementan a los valores proporcionados por la definición o la claridad, ya que un valor alto de estos parámetros es de poca utilidad si va acompañado de un sonido demasiado débil como para ser escuchado.

4.1.4.1. Nivel de presión sonora (SPL):

Nivel de presión sonora, en dB, correspondiente a una presión sonora eficaz P_{ef} es:

$$SPL = 20 \log \left(\frac{P_{ef}}{P_0} \right) (dB) = 10 \log(E_{0-\infty})$$

Ecuación 7: SPL

Donde P_0 es la presión de referencia, igual a $20 \mu Pa$.

Si se desea únicamente reflejar las propiedades del recinto y no de la fuente deber ser medido con una fuente sonora no direccional cuya potencia de salida sea controlada mediante algún tipo de normalización.

Como el oído se comporta de manera diferente con respecto a la dependencia de la frecuencia para diferentes niveles físicos del sonido (no oímos igual de bien a todas las frecuencias). Por ello existen diferentes redes de compensación que ponderan las frecuencias a distintos niveles, apareciendo así:

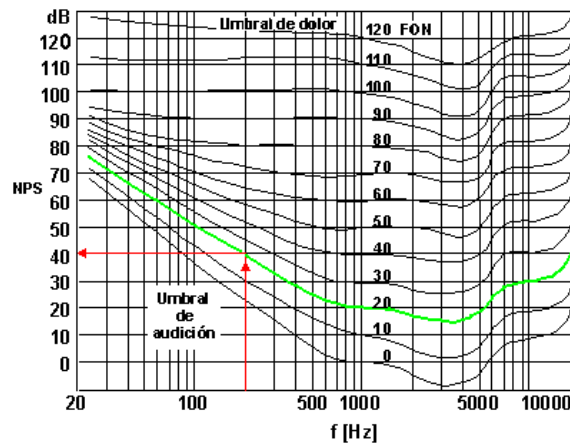


Figura 7: Curvas de Fletcher y Munson

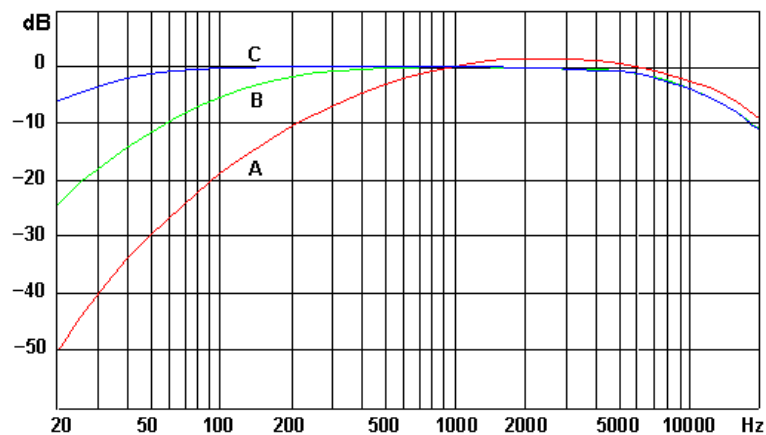


Figura 8: Curvas de compensación A, B y C

- SPL(A): SPL ponderado con la red de compensación A, que se aplicaría en sonidos de bajo nivel.
- SPL (B): SPL ponderado con la red de compensación B, que se aplicaría en sonidos de nivel medio.
- SPL(C): SPL ponderado con la red de compensación C, que se aplicaría en sonidos de alto nivel.

4.1.4.2. Fuerza acústica o sonoridad (G):

Hace referencia al grado de amplificación producido por la sala. Su valor depende de la distancia entre el oyente y la fuente, de la energía asociada a las primeras reflexiones, del grado de ocupación y del nivel del campo reverberante.

Para la medición de este parámetro se hace uso de una fuente omnidireccional calibrada y según Lehmann, se define como la diferencia entre el nivel total de presión sonora producido por la fuente en un determinado punto de la sala y el nivel de presión sonora producido por la misma fuente situada en campo libre y medido a una distancia de 10 metros.

La fórmula matemática se calcula como el cociente logarítmico entre la exposición a la presión acústica (la integral del cuadrado de la presión acústica en el tiempo) de la respuesta impulsiva medida y la respuesta medida a una distancia de 10 metros de la misma fuente en un campo libre (o cámara anecoica) (Norma ISO 3382:2010), es decir, el nivel producido por la fuente sonora en el punto medido menos el nivel que dicha fuente produciría emitiendo a la misma potencia dentro de una cámara anecoica en un punto situado a 10m.

$$G = 10 \log \left(\frac{\int_0^\infty h^2(t) dt}{\int_0^\infty h_{10m}^2(t) dt} \right) = 10 \log \left(\frac{E_T}{E_{T(A,10)}} \right) = L_{pE} - L_{pE(A,10)}$$

Ecuación 8: Sonoridad (G)

Dónde:

$$L_{pE} = 10 \log \left(\frac{1}{T_0} \int_0^\infty \frac{p^2(t) dt}{p_0^2} \right) \text{ (dB) Nivel de exposición acústica de } p(t)$$

Ecuación 9: LpE

$$L_{pE(A,10)} = 10 \log \left(\frac{1}{T_0} \int_0^\infty \frac{p_{10}^2(t) dt}{p_0^2} \right) \text{ (dB) Nivel de exposición acústica de } p_{10}(t)$$

Ecuación 10: LpE (A, 10)

En las ecuaciones anteriores:

- $p(t)$ es la presión acústica instantánea de la respuesta impulsiva medida en el punto de medida.
- $p_{10}(t)$ es la presión acústica instantánea de la respuesta impulsiva medida a una distancia de 10 metros en campo libre
- p_0 es 20 μPa
- $T_0=1$ s
- el valor inicial de las integrales ($t=0$) corresponde con el inicio del sonido directo
- el valor final ($t=\infty$) corresponde con un tiempo igual o superior a aquel en el que la curva de caída ha descendido al menos 30 dB.

El valor de G (tal como se define en la norma ISO 3382) es el mismo que el SPL si:

- **Uno** (y sólo una) fuente de sonido **omnidireccional** está encendido, y
- La ganancia total en el editor de fuente puntual se establece en **31 dB/banda de octava**

En todas las tablas y los gráficos sólo se encontrará el símbolo de SPL, incluso cuando se cumplan las condiciones para G.

4.1.5 Parámetros relacionados con la energía lateral inicial

Los oídos son sensible no solo a la dependencia temporal de las reflexiones sonora o al cambio de timbre durante la reverberación. Existe un efecto subjetivo causado por el hecho de que el sonido en una sala llega al oyente desde direcciones diferentes que el oído humano procesa creando sensación de “entorno” o “espacio”.

Si el número de primeras reflexiones es elevado, provocará una aparente amplitud de la fuente, ya que el oído humano suma estas reflexiones con el sonido directo, lo que conlleva a que la localización de la fuente sea ambigua.

De ahí la importancia de la energía lateral inicial y de la definición de la eficiencia lateral, relacionada con la energía de primeras reflexiones laterales.

4.1.5.1 JLF. Eficiencia lateral o fracción lateral (LF o LF80 en ODEON)

La contribución de una reflexión a la espaciosidad es proporcional a su energía y a $\cos^2\theta$, siendo θ el ángulo entre el eje que une los oídos del oyente y el ángulo de incidencia del sonido, si el retardo de la reflexión se encuentra en el rango comprendido entre 5 y 80 ms. Basándose en estos resultados:

$$JLF = \frac{\int_{5ms}^{80ms} [h(t) \cdot \cos\theta]^2 dt}{\int_{5ms}^{80ms} h^2(t) dt} = \frac{\sum_{5ms}^{80ms} E_t \cdot \cos^2\theta}{E_{0-\infty}}$$

Ecuación 11: JLF

Donde la sustitución de $\cos\theta$ por $\cos^2\theta$ en el numerador fue una concesión a la viabilidad experimental ya que para su medida se propuso la utilización de un micrófono con patrón en forma de ocho, es decir, con directividad coseno esencialmente.

El parámetro JLF puede ser, entonces, físicamente entendido como la relación de energía que llega lateralmente al oyente en los primeros 80 ms, obtenida mediante un micrófono con patrón de forma de ocho, y a energía recibida por un micrófono omnidireccional en la misma posición, es decir, que llega al oyente en todas las direcciones en el mismo intervalo de tiempo.

$$JLF = \frac{\int_{5ms}^{80ms} h_{fig8}(t)^2 dt}{\int_{5ms}^{80ms} h_{omni}^2(t) dt}$$

Ecuación 12: JLF patrón micrófonos

Dónde:

- $h_{fig-8}(t)$ es la presión acústica instantánea de la respuesta impulsiva captada por el micrófono en figura-8.
- $h_{omni}(t)$ se refiere a la recogida por un micrófono omnidireccional en el mismo punto.

4.1.5.2. JLFC (LFC en ODEON)

Dado que la directividad del micrófono con patrón en forma de ocho tiene esencialmente forma de coseno y que los valores de precisión están elevados al cuadrado, la fracción de energía lateral obtenida para una reflexión individual varía con el cuadrado del coseno del ángulo de incidencia de la reflexión respecto al eje de sensibilidad máxima del micrófono.

Por esta razón, como alternativa, se utiliza una aproximación con la ecuación anterior, para la obtención de las fracciones de energía lateral, JLF, con contribuciones que varía únicamente con el coseno del ángulo, considerada subjetivamente más precisa.

$$JLFC = \frac{\int_{5ms}^{80ms} |h_{fig8}(t) \cdot h(t)| dt}{\int_{5ms}^{80ms} h^2(t) dt}$$

Ecuación 13: JLFC

4.1.5.3. Energía lateral tardía (L_j)

El nivel relativo de la energía acústica lateral tardía, L_j , se puede medir utilizando una fuente sonora omnidireccional calibrada, a partir de la respuesta impulsiva obtenida en el auditorio, por medio de un micrófono bidireccional de respuesta en ocho.

$$L_j = \frac{\int_{5ms}^{80ms} h_{b8}^2(t) dt}{\int_{5ms}^{80ms} h_{omni,10}^2(t) dt}$$

Ecuación 14: L_j

Dónde:

- $h_{b8}(t)$ es la presión acústica instantánea en la respuesta impulsiva medida con un micrófono bidireccional de respuesta en ocho.
- $h_{omni,10}(t)$ es la presión acústica instantánea en la respuesta impulsiva medida con un micrófono omnidireccional a una distancia de 10 m en un campo libre.

En ocasiones, también nos podemos encontrar con L_j (Average):

$$L_j(Average)_{80}^{\infty} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{4} \sum_{125}^{1000Hz} \sum_{80}^{\infty} E_t \cdot \cos^2(\Theta) \right] (dB)$$

Ecuación 15: L_j (Average)

4.1.6. Parámetros binaurales derivados de la respuesta impulsiva

Otra forma de caracterizar las características direccionales del sonido reflejado se basa en el hecho de que un sonido que llega a la cabeza de un oyente desde su plano de simetría vertical producirá presiones sonoras idénticas en ambos oídos mientras que el procedente de otras direcciones producirá señales diferentes en cada uno de ellos. Una medida de la similitud o disimilitud entre dos señales es la autocorrelación.

4.1.6.1. Función de autocorrelación cruzada interaural normalizada

$$IACF_{t_1, t_2}(\tau) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} h_L(t) \cdot h_R(t - \tau) dt}{\left[\int_{t_1}^{t_2} h_L^2(t) dt \cdot \int_{t_1}^{t_2} h_R^2(t) dt \right]^{1/2}}$$

Ecuación 16: $IACF_{t_1, t_2}$

Dónde:

- $h_L(t)$ es la respuesta impulsiva en la entrada del canal del oído izquierdo.
- $h_R(t)$ la respuesta impulsiva en la entrada del canal del oído derecho.
- $t=0$ es el tiempo de llegada de la señal directa procedente del impulso de la fuente sonora.
- Puesto que el tiempo que le lleva a la onda en viajar de uno a otro oído está en torno a 1ms, es habitual variar τ en el rango de -1 a 1ms.

4.1.6.2. Coeficiente de correlación cruzada interaural (IACC)

Para obtener un único número que mida la máxima similitud de todas las ondas que llegan a los dos oídos dentro del tiempo de integración y del rango de τ , se selecciona el máximo valor, al cual se le denomina IACC.

$$IACC_{t_1, t_2}(\tau) = \max |IACF_{t_1, t_2}(\tau)|, \text{ para } -1\text{ms} < \tau < 1\text{ms}$$

Ecuación 17: $IACC_{t_1, t_2}$

Dónde:

- t_1 y t_2 son los límites temporales.

Dependiendo de los límites temporales elegidos nos aparecen:

- $IACC_{total}$, para $t_1=0$ y $t_2=\infty$. Suele ser del orden del tiempo de reverberación.
- $IACC_{early}$, para $t_1=0$ y $t_2=80\text{ms}$. Describe la disparidad en la llegada de la señal a los dos oídos en las primeras reflexiones.
- $IACC_{late}$, para $t_1=80\text{ms}$ y $t_2=\infty$. Describe la disparidad en la llegada de la señal a los dos oídos del sonido reverberante.

Este parámetro se correlaciona negativamente con la impresión espacial, por tanto altos valores del IACC denotarían un grado bajo de espaciosidad.

4.1.7. Parámetros relacionados con el escenario

Estos parámetros son representativos de las condiciones de escucha que experimentan los músicos en el escenario.

4.1.7.1. Soporte objetivo o de escenario (ST1 o ST_{precoz})

Se define como la relación, expresada en escala logarítmica, entre la energía asociada a las primeras reflexiones (entre 20 y 100 ms) proporcionadas por las paredes y el techo del escenario, y la energía recibida en los primeros 10 ms, ambos valores obtenidos a 1 m. de distancia de una fuente omnidireccional situada en el escenario.

$$ST1 = 10 \cdot \log \left(\frac{\int_{20ms}^{100ms} h^2(t) dt}{\int_0^{10ms} h^2(t) dt} \right) = \frac{E_{20-100ms}}{E_{0-10ms}} (dB)$$

Ecuación 18: ST1

Dónde:

- $h(t)$ es la presión acústica instantánea de la respuesta impulsiva medida en el punto de medición
- $t=0$ corresponde a la llegada del sonido directo.

4.1.7.2. Soporte objetivo o de escenario tardío (ST_{tardío})

Es la relación, en decibelios, entre la energía reflejada tras 10ms s y el sonido directo (incluida la reflexión del suelo), medidos ambos a una distancia de 1 m del centro de una fuente sonora omnidireccional. Las otras superficies u objetos reflectantes se deberían situar a más de 2 m de la posición de medición.

$$ST_{tardio} = 10 \cdot \log \left(\frac{\int_{10ms}^{1000ms} h^2(t) dt}{\int_0^{10ms} h^2(t) dt} \right) = \frac{E_{10-1000ms}}{E_{0-10ms}} (dB)$$

Ecuación 19: ST_{tardío}

Dónde:

- $h(t)$ es la presión acústica instantánea de la respuesta impulsiva medida en el punto de medición
- $t=0$ corresponde a la llegada del sonido directo.

El soporte tardío muestra cómo percibe el músico la sala.

4.1.8. Parámetros relacionados con a la inteligibilidad de la palabra

Permiten cuantificar el grado de inteligibilidad de la palabra entre los valores de 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima).

4.1.8.1. Índice transmisión habla (STI)

Se calcula teniendo en cuenta que el análisis espectral de la voz humana abarca las bandas de octava de 125Hz a 8KHz y que está modulada por una serie de bajas frecuencias de entre 0.5 y 13kHz (concretamente 14 frecuencias moduladas en tercios de octava).

Se emite una señal de banda ancha (en las 7 bandas de frecuencia central F0 citadas). Tal señal se modula con estas 14 frecuencias con su amplitud correspondiente y finalmente se evalúa la reducción del índice de modulación (m) para combinación de frecuencias F0 y Fm.

El paso siguiente consiste en convertir los índices m (F0, Fm) a relaciones señal/ruido aparentes, obteniéndose así 98 valores que son truncados de manera que todos ellos estén comprendidos entre -15 y 15 dB.

A continuación se calcula la relaciones señal ruido aparentes media por bandas de octava. Y con esos siete valores obtenidos (uno por cada banda) se calcula la relación señal/ruido aparente media global utilizando ponderaciones diferentes para cada banda de octava en función de su grado de contribución a la inelegibilidad.

Finalmente se obtiene el valor del STI:

$$STI = \left(\frac{(S/N)_{media\ ap\ global} + 15}{30} \right)$$

Ecuación 20: STI

También podemos encontrarnos con $STI_{masculino}$ y $STI_{femenino}$ que son los valores del STI pero adaptados para los hablantes de ambos sexos, de acuerdo con su espectro de voz.

El valor $STI_{esperado}$ se calcula sobre esta base teórica teniendo en cuenta el tiempo de reverberación de la habitación y el ruido de fondo, pero no la forma explícita de la respuesta de impulso. Es el valor de las STI si el campo en la habitación es totalmente difuso y el decaimiento de energía es exponencial.

4.1.8.2. RASTI

RASTI es una abreviación de Rapid STI. Es una versión simplificada y de cálculo más rápido del STI. El cálculo es similar al del STI pero reduce las bandas de octava de 7 a 2 basándose únicamente en las bandas de 500 Hz y 2000 Hz y reduciendo las bandas de modulación de 14 a 9.

4.1.8.3. Pérdida de articulación de consonantes (%Alcons)

Este parámetro se fundamenta en que la comprensión del mensaje oral depende fundamentalmente de la correcta percepción de las consonantes.

Se emiten una serie de logatomos (palabras sin sentido vocal-consonante), los receptores toman de lo que se escucha y posteriormente se procesa la información recogida estableciéndose una estadística.

El valor %Alcons en un punto dado se puede determinar también según una ley matemática a partir del tiempo de reverberación y la diferencia entre los niveles de presión sonora del campo directo L_D y del campo reverberante L_R en dicho punto:

$$L_D - L_R = 10 \cdot \log\left(\frac{QR}{r^2}\right) - 17 \text{ (en dB)}$$

Ecuación 21: Diferencia de niveles de presión sonora del campo directo y del reverberante

Dónde:

- Q: factor de directividad de la fuente sonora en la dirección considerada (Q=2 en caso de voz humana, considerando la dirección frontal del orador).
- R: constante de la sala (m^2)
- r: distancia del punto considerado a la fuente sonora (m)

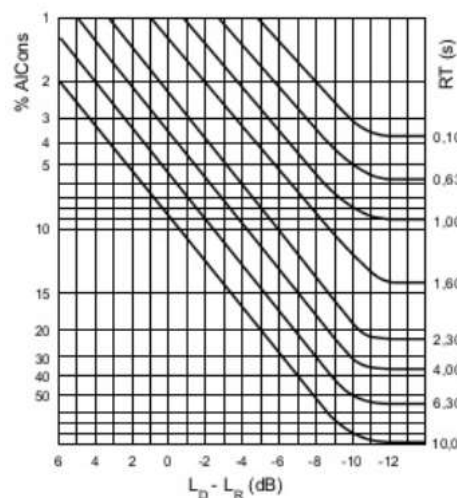


Figura 9: %ALCons a partir de RT y de $L_D - L_R$

4.1.8.4. Relaciones entre %ALCons y STI/RASTI

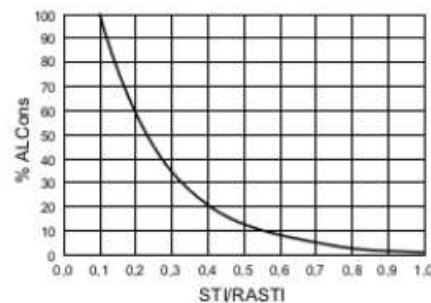


Figura 10: Correspondencia entre STI/RASTI y %ALCons

%ALCons	STI / RASTI	VALORACIÓN SUBJETIVA
1,4% - 0%	0,88 - 1	Excelente
4,8% - 1,6%	0,66 - 0,86	Buena
11,4% - 5,3%	0,50 - 0,64	Aceptable
24,2% - 12%	0,36 - 0,49	Pobre
46,5% - 27%	0,24 - 0,34	Mala

Figura 11: Relación entre %ALCons, STI/RASTI y valoración subjetiva del grado de inteligibilidad

4.1.9. Parámetros relacionados con impresiones subjetivas

A continuación se relacionaran algunos de los parámetros acústicos mencionados en apartados anteriores con sus relaciones subjetivas asociadas.

4.1.9.1. Brillo (Br)

Representa el grado de claridad y riqueza en armónicos de la sala.

$$Br = \frac{RT(2kHz) + RT(4kHz)}{RT(500Hz) + RT(1kHz)}$$

Ecuación 22: Brillo (Br)

4.1.9.2. Calidez (BR)

Representa la riqueza de graves y se relaciona con la suavidad y melosidad de la música en la sala.

$$BR = \frac{RT(125Hz) + RT(250Hz)}{RT(500Hz) + RT(1kHz)}$$

Ecuación 23: Calidez (BR)

4.1.10. Parámetros relacionados con curvas de decrecimiento no lineales

Como se ha visto anteriormente, la medición del tiempo de reverberación se basa en la presunción de que dentro del rango de evaluación, una recta puede constituir una aproximación de la pendiente de la curva de decrecimiento.

Estos parámetros nos indican si el tiempo de reverberación estimado es correcto o no.

4.1.10.1. Grado de curvatura (C)

El parámetro de curvatura, C, se basa en los dos rangos de evaluación de 20 dB y 30 dB y se introduce como la desviación en porcentaje con respecto a una línea perfectamente recta.

$$C = 100\left(\frac{T_{30}}{T_{20}} - 1\right)$$

Ecuación 24: Grado de curvatura (C)

Los valores habituales de C son de 0% a 5%. Los valores por encima de 10% indican una curva de decrecimiento que está lejos de ser una línea recta y el valor del tiempo de reverberación estimado a partir de la curva de decrecimiento puede ser dudoso. Los valores negativos pueden indicar un error en la medición.

4.2. DATOS DE SALIDA PROPORCIONADOS POR EL PROGRAMA

El programa muestra distintos tipos de datos de salida:

- Por un lado, los referentes a las salas individualmente. Se observan las **representaciones 3D** de las salas a comparar en los que, cada posición donde ha sido medido el parámetro seleccionado se pinta de un color distinto dependiendo de su valor. Debajo de éstas se presenta un **gráfico estadístico** de los valores del parámetro acústico frente a sus frecuencias acumuladas para cada sala.
- Por otro lado, los referentes a la diferencia entre salas. Se observa una **gráfica 3D** de colores con los valores de la **diferencia** entre salas en **jnd**. Debajo de la misma se presenta, de nuevo, un **gráfico estadístico** de los valores de la diferencia en jnd frente a sus frecuencias acumuladas. También aparecen los valores correspondientes al **error “medio” cometido** entre los diferentes puntos de la sala.

En los siguientes sub-apartados se detallan más estos datos y se muestran ejemplos gráficos de los mismos.

4.2.1. Gráficas 3D de las salas

La representación de gráfica de las salas se presenta inicialmente en 2D pero mediante las herramientas que proporciona la interfaz se puede girar la imagen para ser visualizada en 3D.

Entre las gráficas de las dos salas aparece la leyenda de colores donde:

- El valor máximo (colores rosa claro) corresponde al máximo del total de las 2 salas.
- El valor mínimo (colores azul oscuro) corresponde al mínimo del total de las 2 salas.
- El resto de valores está normalizado respecto al máximo de las 2 salas.
- Los valores en negro son valores $-\infty$. No son tenidos en cuenta en el cálculo.

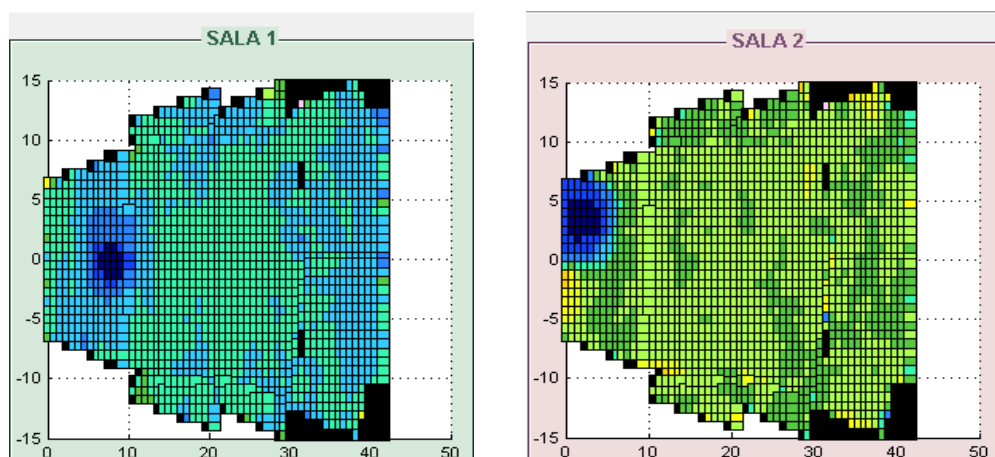


Figura 12: Gráficas iniciales en 2D de las salas.

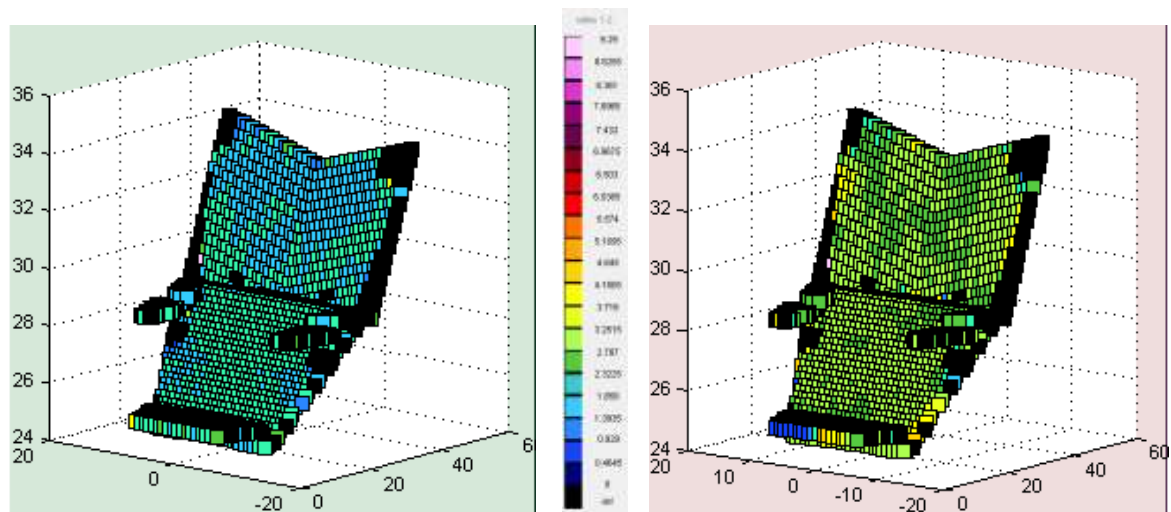


Figura 13: Graficas 3D salas 1 y 2 y leyenda de colores

4.2.2. Graficas estadísticas

En caso de estar debajo de las gráficas 3D de las salas, en estas gráficas se representan los valores del parámetro seleccionado en el eje x, frente a los valores de sus frecuencias acumuladas (veces que se repite ese valor en alguna posición de la sala) en el eje y. Las frecuencias acumuladas se dan en porcentaje de 0 a 100%.

Además se representa el valor medio (50%) y los cuartiles Q1 y Q3 (25% y 75%).

Cuando la gráfica se encuentra debajo de la gráfica 3D de la diferencia en jnd de las salas, se representa en el eje x los valores de la diferencia en jnd y en el eje y los valores de sus frecuencias acumuladas.

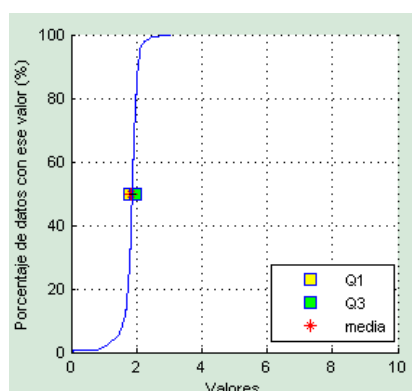


Figura 14: Grafica estadística de una sala

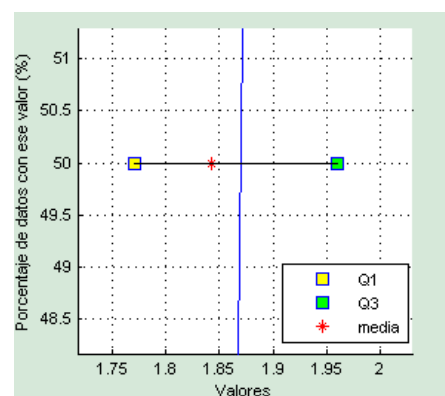


Figura 15: Zoom grafica con: media, Q1 y Q3

4.2.3. Grafica diferencias del parámetro representado

La representación de gráfica diferencias en jnd de las salas se presenta inicialmente en 2D pero mediante las herramientas que proporciona la interfaz se puede girar la imagen para ser visualizada en 3D. Para cuantificar cómo de bueno el ajuste entre salas se mide esa diferencia en jnd, es decir, las diferencias mínimas perceptibles, las cuales se describirán en el sub-apartado 4.2.3.1.

La grafica diferencias en jnd cuenta con una leyenda de colores donde:

- El valor máximo (colores rosa claro) puede ser elegido previamente.
- El valor mínimo (colores azul oscuro) corresponde al 0. Es decir, no existe diferencia en ese punto.
- Los valores en negro son valores $-\infty$. No son tenidos en cuenta en el cálculo.

Si el valor máximo en jnd elegido para la representación es más pequeño que el valor máximo de la diferencia en jnd existente entre las salas, aparecerán posiciones fuera del rango seleccionado que no serán pintadas, debiéndose elegir un rango para la representación mayor que el elegido anteriormente y de ese modo esas posiciones en blanco puedan ser coloreadas.

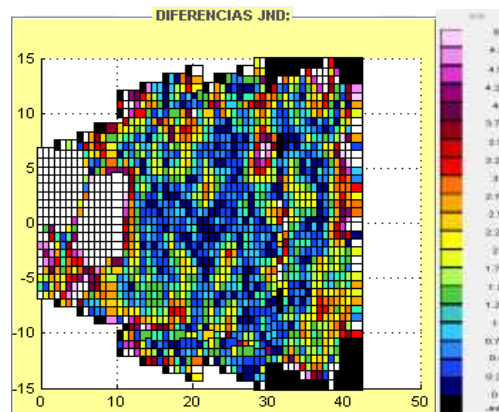


Figura 16: grafica 3D de las diferencias en jnd con posiciones fuera del rango de jnd elegido.

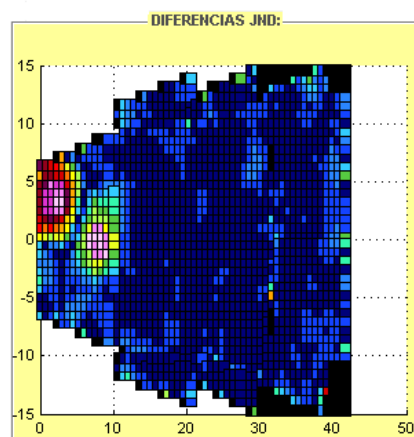


Figura 17: graficas 2D de las diferencias en jnd

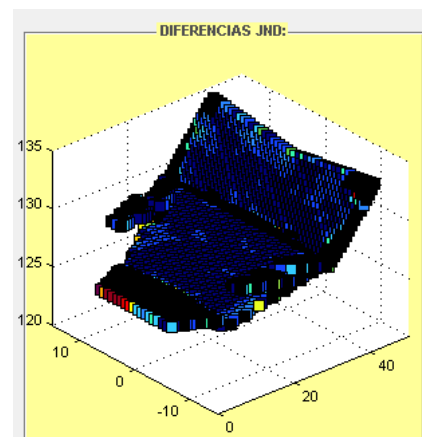


Figura 18: graficas 3D de las diferencias en jnd

4.2.3.1 Valores JND (Just Noticeable Difference)

El jnd es usado en distintas áreas y se refiere a las diferencias mínimas perceptibles que una persona es capaz de distinguir de una sensación física, en lo relativo a la acústica se particulariza como las mínimas variaciones perceptibles de un parámetro acústico.

Será de gran utilidad para saber, por ejemplo, si un cambio efectuado en una sala va a ser decisivo, no importando tanto lo grande que sea esa disimilitud entre la sala original y la modificada sino cuánto se nota ese cambio.

Por tanto no importará tener una precisión más pobre al comparar parámetros simulados si no se van a apreciar las diferencias.

En la siguiente **tabla** se muestran **los valores de los jnd asociados a los distintos parámetros acústicos**:

PARÁMETROS	JND
EDT, T ₁₅ , T ₂₀ , T ₃₀	5% (relativo) s
D50	0.05
C7, C50, C80	1dB
Ts	10 ms
G	1dB
JLF	0.05
STI/RASTI	0.03
IACC	0.08

4.2.4. Errores medios cometidos

Aunque, quizás, no sea tan interesante el error real cometido al comparar salas sino la percepción del mismo, se cuantificará el error medio de la diferencia entre salas para así obtener la precisión de la simulación de la sala modificada respecto a la tomada como referencia.

En la aplicación aparecerá el error en el recuadro azul *Error cometido*:

ERROR COMETIDO	
$E1 = \sqrt{\sum((x1-x2).^2)/(n*(n-1))}$	0.0418594
$E2 = \sqrt{\sum((x1-x2).^2)/n}$	0.00213613

Figura 19: errores medios

Se muestran ambos errores para que el usuario decida cuál de los dos resultados se ajusta más a su caso.

A continuación, se detalla cómo se ha calculado el error, y qué aspectos deben tenerse en cuenta tanto en la toma de mediciones como a la hora de simular para poder minimizarlo lo máximo posible.

4.2.4.1. Fórmulas

Para cuantificar cual es el error medio cometido se utilizan estas dos fórmulas:

$$\mu 1 = \sqrt{\frac{\sum (X_d - X_l)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Ecuación 25: error medio 1

$$\mu 2 = \sqrt{\frac{\sum (X_d - X_l)^2}{n}}$$

Ecuación 26: error medio 2

Dónde:

- $X_d - X_l$ = son las diferencias de los valores del parámetro que estamos comparando
- n = es el número de valores distintos que tiene el parámetro

Las diferencias son elevadas al cuadrado para evitar números negativos, y posteriormente se aplica la raíz para cancelar el efecto de elevar al cuadrado.

4.2.4.2. Tipos de errores

Para minimizar las diferencias de las salas a comparar se deben considerar tanto los posibles errores que se cometen al realizar las medidas reales como los posibles errores cometidos al ajustar la simulación.

4.2.4.2.1. Errores parámetros medidos

Los parámetros medidos no son necesariamente los verdaderos ya que también hay incertidumbres sobre el resultado de la medición.

Se deben tener en cuenta:

- Las tolerancias en el equipo de medición.
- Precisión limitada en los algoritmos utilizados para derivar los parámetros de la respuesta al impulso medida (o errores similares si los resultados no se basan en una respuesta al impulso como método de medición).
- También puede haber errores debidos a una fuente imprecisa.
- Tomar pocas posiciones de los receptores o colocarlos demasiado cerca de una superficie o la fuente. Según la norma ISO 3382-1 la distancia mínima tiene que ser:

$$d_{min} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V}{c * T}}$$

Ecuación 27: distancia mínima ISO 3382-1

Dónde:

- V, volumen de la sala (m³)
- c, velocidad del sonido (m/s)
- T estimación sobre el tiempo de reverberación (s)

4.2.4.2.2. Errores parámetros simulados

Las posibles fuentes de error pueden ser debidas a:

- Aproximaciones hechas por los algoritmos de cálculo *ODEON*.
- Parámetros de cálculo inadecuados.
- Coeficientes de absorción de los materiales imprecisos.
- Coeficientes de dispersión de los materiales imprecisos.
- La definición de la geometría puede no ser exacta u óptima para *ODEON*.
- Imprecisión en los valores de referencia.
- Posición de los receptores.

4.3. RECOMENDACIONES DE *ODEON* PARA UNA SIMULACIÓN FIABLE

ODEON recomienda **en su manual** tener en cuenta una serie de puntos para que los resultados de la simulación acústica sean lo más fiables posibles.

En los siguientes apartados se verán las recomendaciones que hace este software de simulación acústica respecto a los posibles errores que pueden darse.

4.3.1. Aproximaciones hechas por los algoritmos de *ODEON*

Los algoritmos utilizamos por un programa como *ODEON* no son más que una representación de la realidad. En particular, los efectos de los fenómenos ondulatorios se integran sólo de una forma muy parcial en los cálculos.

En general no afectará demasiado al usuario, pero deberá **recordar que en salas pequeñas o con superficies pequeñas no se simulará con una precisión alta.**

4.3.2. Parámetros de cálculo inadecuados

Se **pueden especificar en ODEON distintos parámetros de cálculo**, éstos se pueden reflejar según el tiempo de reverberación, la forma particular de la habitación o el compromiso entre la velocidad de cálculo y la precisión.

En los siguientes puntos se especifican cuáles son los parámetros de cálculo que deben vigilarse con especial cuidado para evitar cálculos inadecuados:

4.3.2.1. Numero de rayos tardíos

ODEON, por defecto, **especifica un número de rayos tardíos** para usarse en los cálculos de la respuesta al impulso en un punto. Este número se calcula teniendo en cuenta: la relación de aspecto de la sala, así como su tamaño y el número de superficies.

En pocas palabras, esto significa que en *ODEON* se sugiere más rayos para una sala muy larga con muchas superficies, que en una habitación cúbica, con pocas superficie.

Este número sugerido de rayos será suficiente para muchas de las salas, sin embargo, en algunos casos pueden ser necesarios más rayos para obtener buenos resultados, especialmente en salas con:

- **Efectos de desacoplo de la fuente:**

Si un lugar seco está acoplado a una sala reverberante, pueden ser necesarios más rayos con el fin de estimar el efecto del acoplamiento.

Un ejemplo podría ser un vestíbulo o un pasillo junto a un aula. Si la sala donde se encuentra el receptor solo se separa de la fuente por una pequeña abertura, también serán necesarios más rayos.

- **Distribución muy desigual de la absorción en la sala**

En algunas salas el campo reverberante en “x”, “y”, y “z” puede ser muy diferente.

Un ejemplo de esto podría ser una sala donde toda la absorción se encuentra en el techo, mientras que el resto son superficies son reflectantes como en un teatro al aire libre.

En estos casos también se deben usar más rayos.

No hay forma de saber si son necesario más rayos para un cálculo determinado, pero es posible que se necesiten más rayos si al ejecutar el cálculo de la estimación global:

1. La estimación global se estabiliza lentamente.
2. La curva de caída da saltos bruscos.
3. La curva de caída muestra el efecto “curva colgante”

4.3.3. Coeficientes de absorción de los materiales imprecisos

Coeficientes de absorción incorrectos o imprecisos son probablemente una de las fuentes más comunes de error en las simulaciones acústicas.

Esto puede ser debido a la falta de precisión en las mediciones (o a limitaciones en los métodos de medición en sí mismos) de los datos de absorción o sobre todo, porque el material de construcción asumido en las simulaciones está basado en conjeturas.

En cualquier caso, es una buena idea partir de esos materiales para estimar el grado del error en los datos del material, así como el impacto en los resultados simulados.

Los coeficientes de absorción fuera del rango de 0,05 a 0,9 se deben utilizar con mucho cuidado (Christensen, Nielsen, y Rindel, 2008). En la lista de materiales de *ODEON*, hay un botón que limita el rango de coeficientes de absorción asignados a las superficies de una sala dentro de un rango seleccionado.

4.3.3.1. Solución si los materiales son imprecisos

No hay realmente mucho que hacer con la incertidumbre de los datos de los materiales si la sala no existe y se encuentra en la fase de diseño, sólo se podrá considerar la incertidumbre de los materiales.

Si la sala efectivamente existe y se está modelando con el fin de evaluar los diferentes cambios posibles, puede ser una buena idea modificar (ajustar) los materiales hasta que los parámetros de simulación acústica de salas se ajusten a lo medido lo mejor posible.

A menudo son los propios usuarios los que suponen que las bibliotecas de materiales no tienen errores.

Para los coeficientes de absorción y de alta frecuencia los valores son probablemente fiables, sin embargo, los datos de absorción de baja frecuencia y los datos de absorción de los materiales duros a menudo tienen una falta de precisión.

4.3.3.2. Absorción a baja frecuencia

Los coeficientes de absorción a bajas frecuencias medidos en una sala reverberante tienen una precisión limitada porque:

- Hay muy pocos modos disponibles en una sala reverberante en las bandas de frecuencia más baja.
- La absorción a baja frecuencia se debe, en parte, a la propia construcción y no tanto a la superficie visible.

4.3.3.3. Materiales duros

Materiales duros como el hormigón son habitualmente definidos con un 1% o 2% de absorción. Quizá una diferencia de un 0.5 % o un 1% no supone una diferencia significativa, pero si este es el material dominante en una sala podría ser un grave problema.

4.3.4. Coeficientes de dispersión de los materiales imprecisos

El conocimiento de los coeficientes de dispersión se encuentra bastante limitado. Se espera que en el futuro, los coeficientes de dispersión estén disponibles para algunos materiales. Mientras tanto, lo mejor que se puede hacer es hacer algunas buenas conjeturas sobre la magnitud de los coeficientes de dispersión y realizar algunas estimaciones sobre su efecto en la incertidumbre.

4.3.5. Definición de la geometría no exacta u óptima para ODEON

ODEON logrará siempre mejores resultados si hay **un menor número de superficies** ya que tendrá que realizar un menor número de cálculos y así se limita la propagación de errores. Siempre que sea posible se debe modelizar la sala **agrupando las superficies del mismo material**.

4.3.6. Posiciones de los receptores

Los errores más comunes son: basar el diseño acústico de habitación en simulaciones de una o sólo unas pocas posiciones de receptor, colocar el receptor demasiado cerca de una superficie o colocar el receptor demasiado cerca de la fuente.

4.3.6.1. Distancia mínima fuente-receptor

Los cálculos de la respuesta en un punto hechos en *ODEON* deben ser comparados con mediciones de la respuesta en un punto, medidos según la norma (ISO 3382-2).

Para obtener una buena estimación del tiempo de reverberación, la mínima distancia fuente-receptor debe ser utilizada con el fin de evitar la fuerte influencia del sonido directo.

La mínima distancia fuente-receptor de acuerdo con la norma ISO 3382-1

Así, para una sala de conciertos típica una distancia fuente-receptor de menos de 10 metros se debe evitar a fin de obtener buenas predicciones (medidas) del tiempo de reverberación.

4.3.6.2. Distancia mínima receptor-superficie más cercana

Si el receptor se coloca muy cerca de la superficie los resultados serán sensibles a la posición real de las fuentes secundarias generadas por el método de rayos tardíos de *ODEON*.

Si una fuente secundaria pasa a estar muy cerca del receptor, por ejemplo, 1 a 10 centímetros, esto puede producir un aumento espurio en la curva de caída, dando lugar imprecisiones del tiempo de reverberación, de hecho, si la distancia es cero, entonces, en principio, se generaría una contribución infinitamente grande.

Para evitar este problema, se recomienda que las distancias a las superficies se mantengan al menos entre 0,3 a 0,5 metros.

De todos modos, para las mediciones por otras razones, **se recomienda mantener distancias mayores de un cuarto de longitud de onda**, es decir, 1,3 metros en 63 Hz, se requiere una distancia de 1 metro por la norma ISO3382.

5. DESARROLLO COMPARADOR ACÚSTICO

Partiendo de los datos proporcionados por *ODEON 11* y *ODEON 12*, vistos en el Capítulo 4.1.1 Datos de partida, se han implementado por separado distintas funciones, que realizan tareas específicas, creadas en distintos archivos .m para tener un diseño modular del programa que permita que la programación de la herramienta en su conjunto sea más legible y manejable. Asimismo, esto ayuda a su modificación y comprensión en caso de tener que realizarse futuras actualizaciones.

Se ha intentado que las funciones puedan utilizarse indistintamente para los datos procedentes de las versiones 11 y 12 de *ODEON*.

Debido a que la versión 12 presenta la información sobre posición (x, y, z) de manera distinta que la versión 11, se tendrán que realizar dos funciones distintas para su obtención. El resto de posibles diferencias entre las dos versiones se encuentran únicamente en el número de parámetros acústicos más que proporciona la versión 12 respecto a la 11.

5.1. FUNCIONES QUE COMPOEN EL PROGRAMA

El algoritmo, tanto para una versión como para la otra, utiliza el mismo número de funciones. Estos son los archivos .m (extensión de *MATLAB*) de los que se compone el programa:

- ***principal_v11.m* / *principal_v12.m***: archivo principal que llama al resto de funciones presentando los datos de salida (graficas 3D y estadísticas, error) y los tiempos de ejecución.
- ***lectura.m***: función mediante la cual se leen los archivos procedentes de *ODEON* y se almacenan los datos numéricos en una matriz legible por *MATLAB*.
- ***seleccion_v11.m* / *seleccion_v12.m***: función que permite seleccionar el parámetro acústico y la frecuencia que se quiere comparar.
- ***posiciones_v11.m* / *posiciones_v12.m***: función que recopila en una matriz todas las posiciones (x, y, z) de los receptores donde se miden los parámetros acústicos.
- ***parametro.m***: función que almacena en un vector los valores del parámetro acústico a la frecuencia seleccionada con anterioridad.
- ***normal.m***: función que normaliza los valores introducidos respecto a un máximo elegido.

- **dif_jnd.m:** función que calcula la diferencia entre el parámetro acústico seleccionado a una determinada frecuencia de cada sala y facilita el resultado en jnd.
- **grafica.m:** función que representa gráficamente la sala en 3D por colores según el valor del parámetro o la diferencia jnd en cada posición.
- **estadistica.m:** función que representa gráficamente los valores del parámetro acústico seleccionado a una determinada frecuencia o la diferencia jnd con respecto al número de valores acumulados de posiciones de la sala que lo cumplen en tanto por ciento (0-100%).
- **error_cometido.m:** función que calcula el error medio cometido de la diferencia de ajuste entre las dos salas.

5.2. PROGRAMACIÓN FUNCIONES

Seguidamente, se detallan una a una las funciones que conforman el programa:

5.2.1. Función lectura.m

5.2.1.1. Llamada de la función

$[datos, celtexto] = lectura$

5.2.1.2. Descripción

Esta función lee los datos procedentes de *ODEON* y los adapta para que *MATLAB* pueda procesarlos ofreciendo como resultado una matriz de datos y una celda de texto:

- La matriz de datos contiene los valores numéricos de todos los parámetros acústicos para cada receptor de la sala por frecuencias.
En el caso de la versión 12, también se encuentran en esta matriz los valores correspondientes a las posiciones (x, y, z) de cada receptor.
- La celda de texto contiene las cadenas de caracteres que contienen información sobre los nombres de los parámetros.
En el caso de la versión 11, además, los valores de posición (x, y, z) de cada receptor se encuentran en esta celda de texto.

La función *lectura.m* es la función que más tiempo lleva al programa calcular.

Sobre todo, debido a que hay que modificar los datos numéricos procedentes de *ODEON* para que *MATLAB* los entienda como tal, ya que, por ejemplo, los valores decimales de los parámetros acústicos en *ODEON* están escritos con comas y *MATLAB* solo entiende números decimales separados por puntos.

Por tanto, cuantas más filas tenga el archivo origen, más filas tendrá que modificar la función lectura y más tiempo tardará el ofrecer el resultado final.

La versión 12, al disponer de datos de más parámetros acústicos que la versión 11 (39 parámetros acústicos distintos de la versión 12 frente a 10 de la versión 11), tardará más tiempo en ejecutarse.

5.2.1.3. Parámetros de entrada y salida

El parámetro de entrada es:

Aunque no se tenga que introducir directamente ningún parámetro de entrada, una vez que se ejecute la función sí pedirá al usuario una dirección.

- **direccion:** dirección donde se encuentra el archivo de texto (con extensión *.txt) o de Excel (con extensión *.xls o *.xlsx) con los datos procedentes de *ODEON*, tal como se muestran en el apartado 4.1.1 Datos de partida.

La dirección será dada **sin comillas** incluyendo la extensión correspondiente del archivo, por ejemplo: C:\carpeta\archivo_ODEON.txt

Los parámetros de salida son:

- **datos:** matriz de 8 columnas, cada una de las cuales corresponde con los datos a frecuencias de entre 63 Hz y 8000Hz y un número de filas que depende del número de parámetros acústicos distintos que se hayan decidido calcular en cada una de las posiciones de micrófono desde el programa *ODEON*.
Los datos numéricos contenidos son de tipo *double*.
Asimismo, en la versión 12 esta matriz filas con las posiciones (x, y, z) donde se han medido estos parámetros.

Matriz **datos** salida tanto para archivos *.xls y *.txt:

	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7	Col 8
fila 1	Pos x	Pos y	Pos z	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 2	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
fila 3	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos
fila 4	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos

fila 23	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos
fila 25	datos	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

fila 41	datos	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 42	Pos x	Pos y	Pos z	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 43	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
fila 44	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos

Se observa que:

- No contiene ninguna fila donde la primera columna empiece por NaN.
- A partir de la fila 41 (fila 11 en la versión 11) se empiezan a repetir la misma secuencia de datos para otro receptor.
- En la versión 11, la fila de posiciones (x, y, z) no existirá.

- **celtexto:** se trata de una celda de *MATLAB* de 1 columna y varias filas según el número de receptores y parámetros acústicos distintos que hayan decidido calcular en esas posiciones desde el programa *ODEON*.

Los datos contenidos son de tipo string, es decir cadenas de caracteres.

En cada columna van apareciendo los nombres de los parámetros acústicos y en la versión 11 además aparece la información de posiciones (x, y, z) donde se han realizado las medidas.



Celtexto tendrá este aspecto según la procedencia de los archivos sea de ODEON 11 o 12:

	Columna celtexto v12	Columna celtexto v11
fila 1	'Grid receiver 1'	'Grid receiver 1 at (x,y,z) = (-5,8; 11,8; 0,2)'
fila 2	'Position'	'PARAM'
fila 3	'PARAM'	'EDT'
fila 4	'EDT'	'T(30)'
fila 5	'T(15)'	'Ts'
fila 6	'T(20)'	'SPL'
fila 7	'T(30)'	'D(50)'
fila 8	'Curvature(C)'	'C(80)'
fila 9	'Ts'	'LF(80)'
fila 10	'SPL'	'SPL(A)'
fila 11	'SPL(Af)'	'STI'
fila 12	'D(50)'	'Lj(Avrerage)'
fila 13	'C(7)'	'Grid receiver 2 at (x,y,z) = (-5,8; 12,3; 0,4)'
fila 14	'C(50)'	
fila 15	'C(80)'	
fila 16	'U(50)'	
fila 17	'U(80)'	
fila 18	'LF(80)'	
fila 19	'LFC(80)'	
fila 20	'Lj'	
fila 21	'Diffusivity(ss)'	
fila 22	'Echo(Dietsch)'	
fila 23	'IACCearly'	
fila 24	'IACClate'	
fila 25	'IACCtotal'	
fila 26	'SPL(A)'	
fila 27	'SPL(Lin)'	
fila 28	'SPL(C)'	
fila 29	'STI'	
fila 30	'STI(Female)'	
fila 31	'STI(Male)'	
fila 32	'RASTI'	
fila 33	'STI(expected)'	
fila 34	'T(30_Avrerage)'	
fila 35	'LF(80_Avrerage)'	
fila 36	'Lj(Avrerage)'	
fila 37	'BR(RT)'	
fila 38	'BR(SPL)'	
fila 39	'SIL'	
fila 40	'AI'	
fila 41	'Alcons(STI)'	
fila 42	'Density(reflections)'	
fila 43	'Grid receiver 2'	
fila 44	'EDT'	

5.2.1.4. Procedimiento

Se pide al usuario que **introduzca la dirección** donde se encuentra el archivo con los datos de *ODEON*.

Usando la *función de MATLAB fopen* se **abre el fichero** de la dirección introducida por el usuario como lectura y escritura.

Esta función devuelve: un *mensaje*, de tipo *string*, que indica si se ha producido algún error al intentar abrir el fichero y el *fichero* abierto para utilizarse.

Se muestra el **mensaje** en pantalla mediante *disp* para saber qué tipo de **error**, se ha producido (ej.: no existe, no se encuentra el directorio...). Si no se ha producido ninguno no se muestra nada.

En caso de error, además de publicarse ese mensaje, se pide al usuario que **introduzca de nuevo** bien el **archivo** y se vuelve a intentar abrir hasta que no se encuentran errores en el proceso de apertura.

Una vez abierto correctamente el archivo, **se distingue entre los distintos tipos de extensiones** permitidas por el programa: *.xls/.xlsx y *.txt.

Se realiza esta discriminación porque los datos se leen de maneras distintas (utilizándose distintas funciones de MATLAB) en cada caso.

Para averiguar el tipo de extensión se utiliza la función de *MATLAB fileparts* que devuelve la *ruta*, el *nombre* y la *extensión* de la dirección introducida.

Se **compara la extensión** (de tipo *string*) que nos ha proporcionado *fileparts* con los *strings* *'xls'*, *'xlsx'* y *'txt'* utilizando la *función MATLAB strcmp* y así saber de qué forma leer el archivo.

A partir de aquí se explicará de qué dos formas distintas, según los archivos sean Excel o sean archivos *.txt, se son leídos estos ficheros con datos de *ODEON*, cómo son las celdas que se consiguen tras su lectura y cómo se modifican para que el resultado final en ambos casos sea el mismo.

LECTURA ARCHIVOS EXCEL (*.xls o *.xlsx):

Se utiliza la función `xlread` que devuelve: `datos_xcl` (tipo double) matriz con los datos y `celtexto`, celda con el texto del archivo (tipo String).

Datos_xcl:	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7	Col 8
fila 1	Pos x	Pos y	Pos z	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 2	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
fila 3	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos
fila 4	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos

fila 24	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos
fila 25	datos	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

fila 41	datos	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 42	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 43	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 44	Pos x	Pos y	Pos z	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 45	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
fila 46	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos

En archivos con todos los parámetros acústicos de la versión 12, se observa que:

- La primera fila tiene datos de las posiciones del receptor donde se ha realizado la medida de los parámetros acústicos.
(En la versión 11 estas filas no están)
- La segunda fila indica las frecuencias.
(En la versión 11, primera fila)
- Los datos se encuentran en las filas 3-41.
(En la versión 11, filas 2-11)
- De la fila 25-41 esos parámetros acústicos solo tienen información en la primera columna
(En la versión 11, filas 9-11)
- Las filas 42 y 43 no contienen información.(primera columna NaN)
(En la versión 11, filas 12-13)
- En la fila 44 se empieza a repetir la misma secuencia.
(En la versión 11, filas 12-13)

Para que *datos_xcl* tenga la misma forma que la matriz de datos que se obtendrá al leer datos de archivos de texto *.txt, se **buscan las posiciones de la líneas que empiezan por NaN** (ya que la las filas que contienen información tienen siempre en la primera columna datos) **y se eliminan** (filas como la 42 y 43). **Obteniéndose** así la matriz *datos* final.

Celtexto (lectura archivos Excel):

Columna 1	
fila 1	'GRID RESPONSE ENERGY PARAMETERS for job 1'
fila 2	V12: 'Grid receiver 1' V11: 'Grid receiver 1 at (x,y,z) = (-5,8; 11,8; 0,2) '
fila 3	'Position' (v12)
fila 4	'PARAM'
fila 5	'EDT'
fila 6	'T(30)'
	.
	.
	.
fila 43	'Density(reflections)'
fila 44	
fila 45	'Grid receiver 2 at (x,y,z) = (-5,8; 12,3; 0,4)'

Se observa que:

- La primera fila indica el título y no es de interés.
- La segunda fila en la versión 11 contiene la posición del receptor donde se ha medido. En la versión 12, no aporta información relevante.
- La fila 'Position' solo aparece en la versión 12 y tampoco es de utilidad.
- De la 5-43 en la versión 12 o de la 3-13 para la versión 11, tenemos el **nombre del parámetro acústico**.
- En la fila 44 de la versión 12 o 14 de la versión 11, hay un espacio en blanco antes de empezar a repetirse la secuencia para otro receptor.
- En la fila 45 de la versión 12 o 15 de la versión 11 se empieza a repetir la misma secuencia para otro receptor.

Para que *celtexto* tenga la misma forma que la celda de datos que se obtendrá al leer datos de archivos de texto *.txt **se elimina la primera fila** de la celda correspondiente al **título y se eliminan las posiciones en blanco** (filas como la 44), **obteniéndose** *celtexto* finalmente.

LECTURA ARCHIVOS DE TEXTO:

Los archivos *.txt se leen mediante función *textscan* que devuelve *celdas* (tipo *celda*):

Celdas:

Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7	Col 8	Col 9
<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>	<NºFilasx1 cell>

Columna 1 de la celda *celdas*, *celdas* {1,1}:

	Columna 1
fila 1	V12: 'Grid receiver 1' V11: 'Grid receiver 1 at (x,y,z) = (-5,8; 11,8; 0,2) '
fila 2	'Position' (v12)
fila 3	'PARAM'
fila 4	'EDT'
fila 5	'T(30)'
	.
	.
	.
fila 42	'Density(reflections)'
fila 43	V12: 'Grid receiver 2' V11: 'Grid receiver 2 at (x,y,z) = (-5,8; 12,3; 0,4) '

La primera columna de *celdas* será, directamente, igual a la que se obtiene del archivo Excel manipulado, es decir, cuando en el archivo Excel se haya quitado el título de la primera fila y el espacio antes de empezar a repetirse la secuencia. Por lo que no habrá que modificarla y se guardará como *celtexto*.

El resto de columnas (2-9) de *celdas*, cuando estén agrupadas en la misma celda → *celdatos*:

	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7	Col 8	Col 9
fila 1	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 2	Pos x	Pos y	Pos z	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 3	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
fila 4	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos
fila 5	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos

fila 25	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos
fila 26	datos	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

fila 41	datos	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 42	datos	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 43	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
fila 44	Pos x	Pos y	Pos z	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos	datos



Antes de leer con textscan es necesario quitar el encabezado de la primera línea del archivo que corresponde con el **título** usando la función *MATLAB fgetl* (*antes de leer*)

Para leer el archivo con *textscan*, se indica qué columnas del archivo se tienen que leer (9, una de texto y el resto corresponden a las 8 frecuencias distintas) y su tipo, en este caso *string* (*%s*). Una vez leído se guarda en *celdas*, como se ha visto antes.

Después, se calcula el número de filas para saber dónde termina el archivo y se **cambian las comas por puntos de celdas** con la función *MATLAB strrep* y se **pasan** los datos numéricos que se consideraban de tipo *string* a *doublé* con *str2double*.

De todos los datos guardados en *celdas* se **toman** los que corresponden a los datos de los parámetros acústicos por frecuencias (**columnas de la celda de la 2-9**) agrupándose en otra celda llamada ***celdatos*** y los datos de la primera columna se guardan en ***celtexto***.

Celdatos (mirar celda *celdatos*) es muy parecido a *datos_xls*, pero:

- *celtexto* es de tipo celda y *datos_xls* es de tipo matriz.
- La primera columna, en este caso, empieza por NaN y no indicando las posiciones (frecuencias para la versión 11) como en *datos_xls*.
- A partir de la fila en que acaban los datos 42 (fila 12 para la versión 11), hay solo una fila de NaN antes de volver a repetirse la secuencia, no como en *datos_xls* en la cual los datos terminan en la fila 41 (fila 11 para la versión 11) y tiene 2 filas de NaN antes de volver a repetirse la secuencia.

Como se desea obtener una matriz igual de datos (ver matriz salida: *datos*) independientemente del tipo extensión de archivo, se manipulará *celdatos* para que en ella solamente aparezcan los valores de los parámetros y, comenzando en primera fila, las posiciones (frecuencias en el caso de la versión 11). Tampoco poseerá ninguna fila que empiece por NaN y será del tipo matriz.

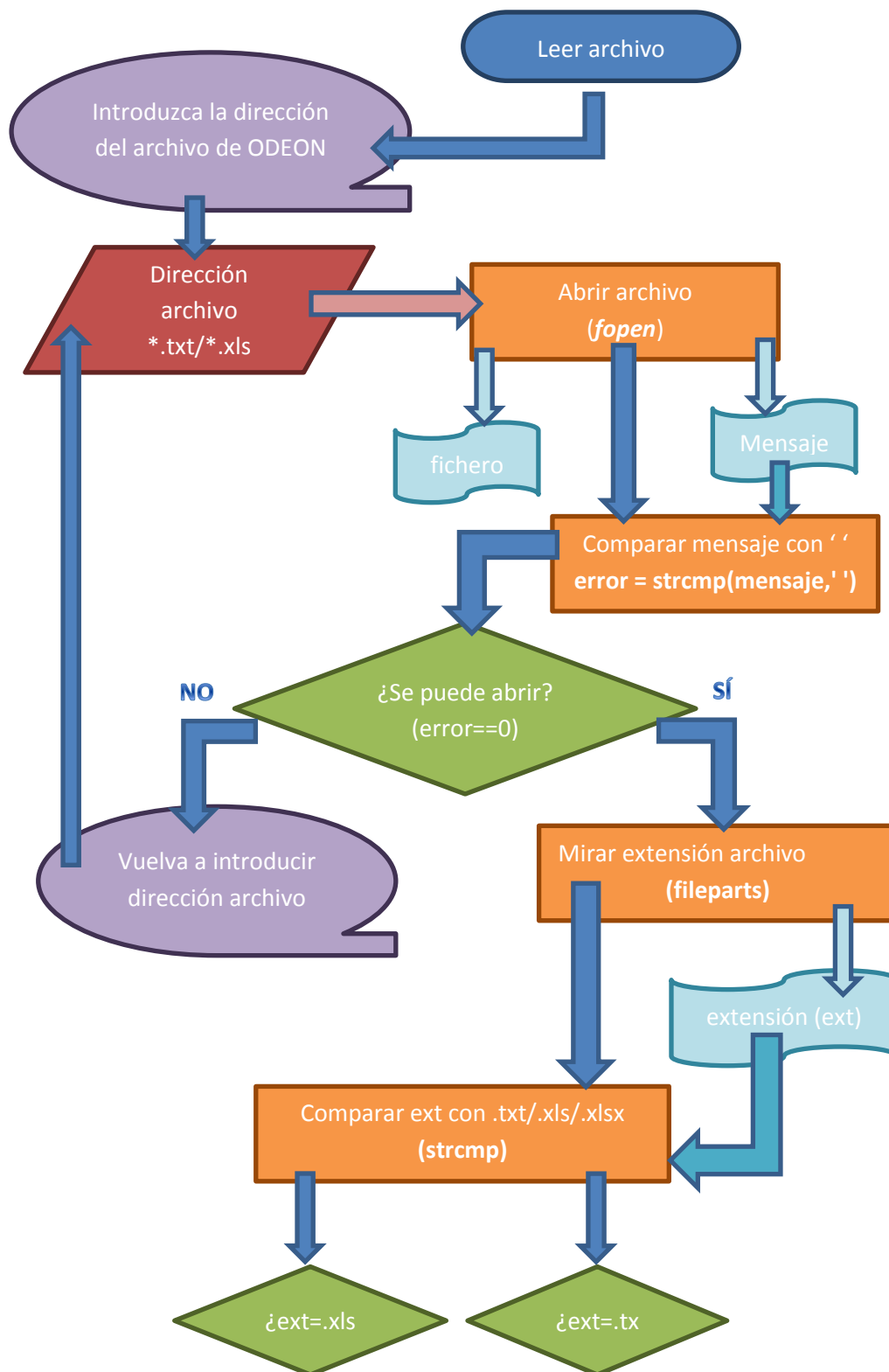
Para **transformar *celdatos* en la matriz** de salida [*datos*](#):

Se convierte *celdatos* mediante *cell2mat* en una matriz de datos llamada *datosmat*.

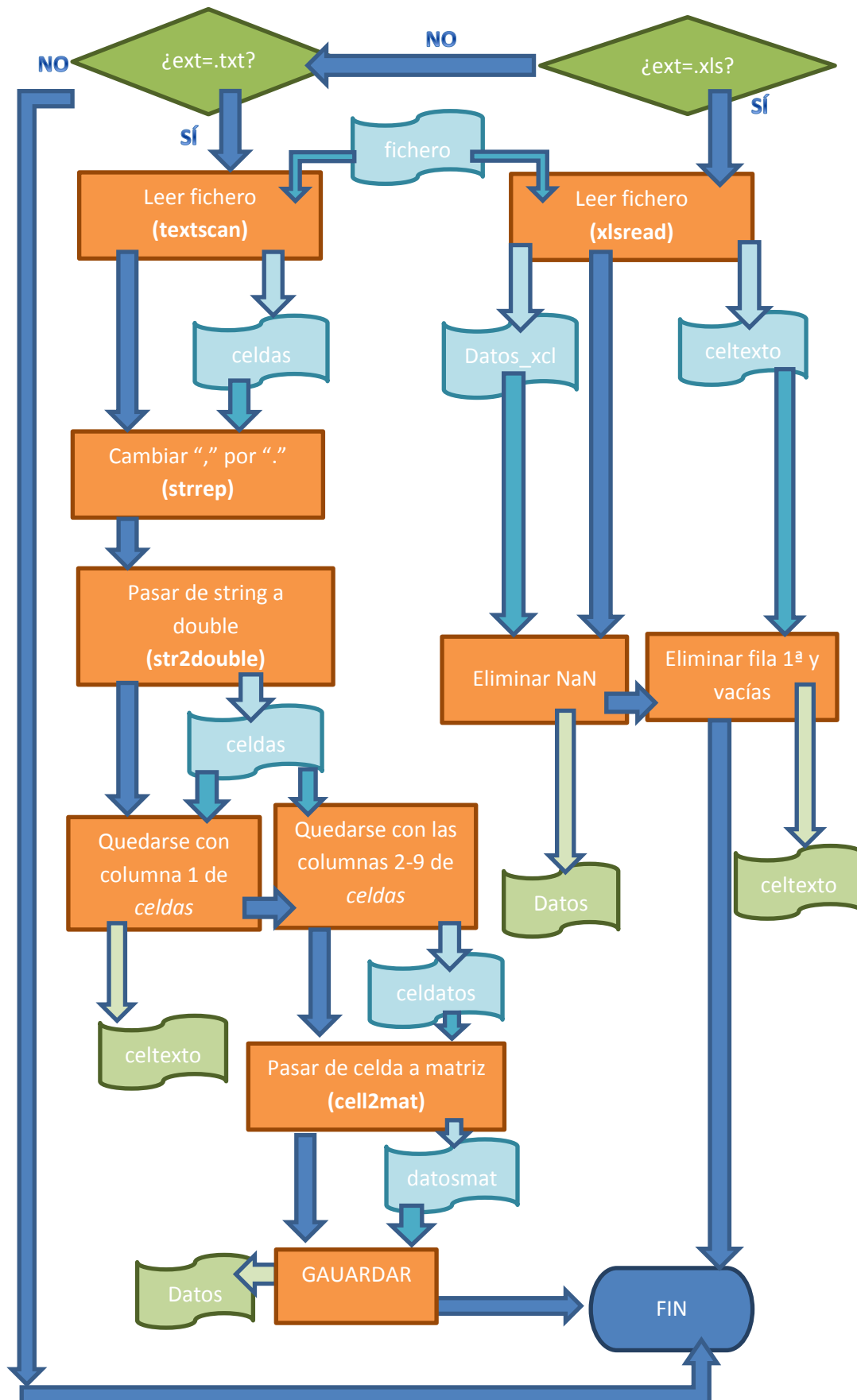
A igual que antes, **se quitan las posiciones** de *datosmat* **que en la primera columna que no contienen** números (NaN) obteniéndose la matriz final *datos*.

Si al comparar la extensión no elegimos ninguna extensión conocida aparece un mensaje de **error** por pantalla y se aborta el programa, no pudiendo continuar su ejecución.

5.1.2.5. Diagrama de flujo



CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE



5.2.2. Función seleccion_v12.m

Se explicará solamente la función seleccion_v12 ya que la programación de la función seleccion_v11 es exactamente igual, lo único que cambia de una a otra es que en la versión 12 se pueden seleccionar más parámetros acústicos que en la versión 11.

5.2.2.1. Llamada a la función

$[Param, c] = seleccion_v12$

5.2.2.2. Descripción

Esta función pide al usuario que seleccione:

- Primero, una de las frecuencias entre 63Hz y 8000Hz.
Si la frecuencia introducida por el usuario no es correcta, aparece un mensaje de error que pide que se vuelva a introducir la frecuencia deseada.
- Segundo, uno de los 39 parámetros acústicos disponibles (10 en la versión 11).
Si el parámetro acústico introducido por el usuario no está escrito tal y como aparecen en pantalla (distinción entre letras mayúsculas y minúsculas incluido), aparece un mensaje de error que pide que se vuelva a introducir el parámetro acústico deseado.

5.2.2.3. Parámetros de entrada y salida

El parámetro de entrada:

- **No existe.** En la llamada a la función no hay que introducir ningún parámetro de entrada, aunque una vez se está ejecutando si se pedirá al usuario que introduzca la frecuencia y parámetro acústico deseado.

Los parámetros de salida son:

- **param**: cadena de carácter (*string*) con el nombre del parámetro introducido por el usuario.
- **c**: guarda el valor de la columna de la matriz de datos (que resulta de aplicar la función lectura) correspondiente a una frecuencia:

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Columna Matriz datos	1	2	3	4	5	6	7	8

5.2.2.4. Procedimiento

Aparece un mensaje por pantalla, utilizando *disp*, que invita a seleccionar una frecuencia. Dependiendo de la frecuencia que se escoja, **el valor de salida c** será distinto.

Mientras no se seleccione una de las frecuencias disponibles aparecerá un mensaje de error avisado de ello.

Para su programación se utilizan las sentencias condicionales *if*, *elseif*, *else* y *while*.

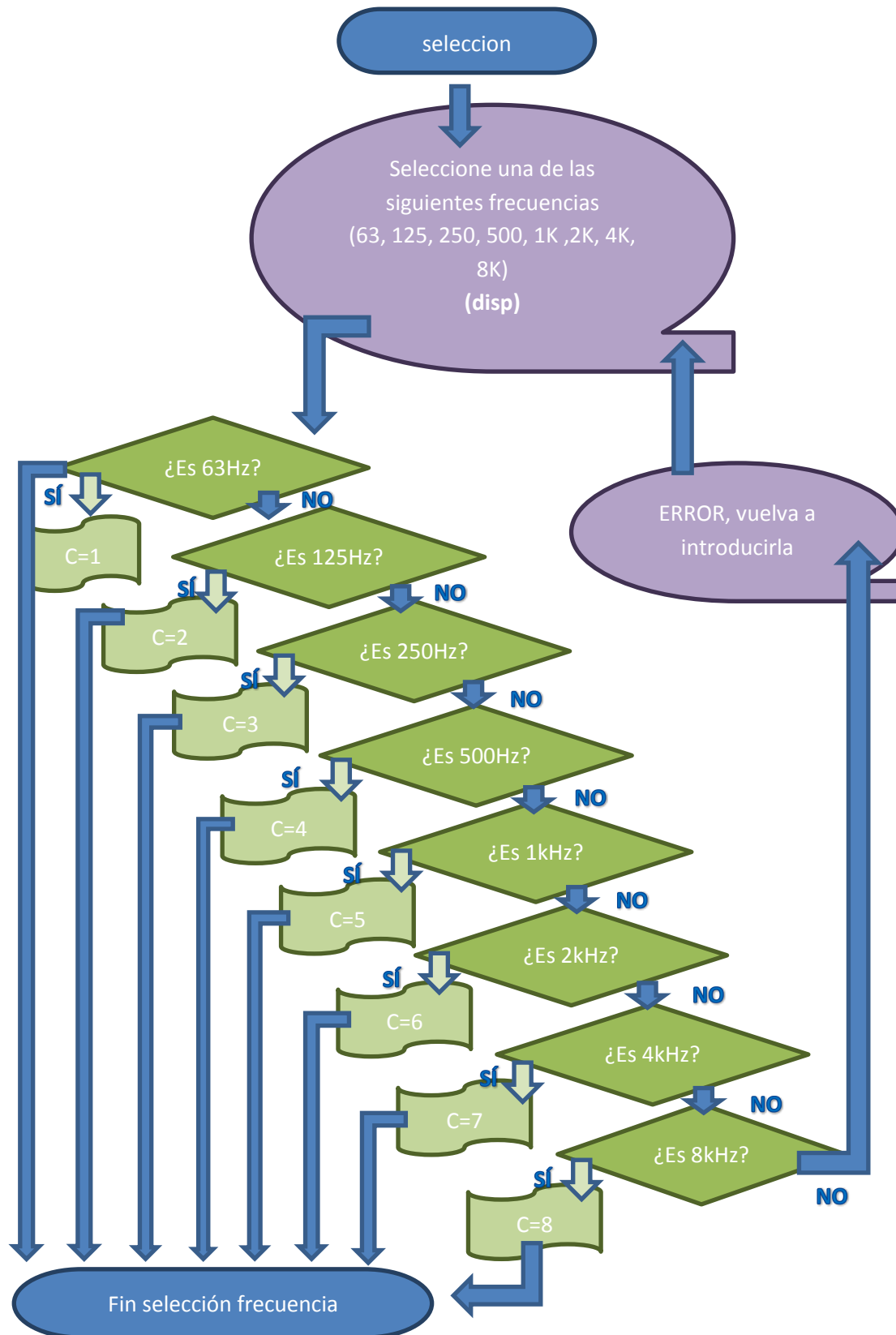
Una vez introducido correctamente el valor de la frecuencia, aparece por pantalla un mensaje para que se elija un parámetro acústicos de entre los 10 disponibles.

Estos son los parámetros acústicos que pueden seleccionarse: EDT, *T(15)*, *T(20)*, *T(30)*, *Curvature(C)*, *Ts*, *SPL*, *SPL(Af)*, *D(50)*, *C(7)*, *C(50)*, *C(80)*, *U(50)*, *U(80)*, *LF(80)*, *LFC(80)*, *Lj*, *Diffusivity(ss)*, *Echo(Dietsch)*, *IACCearly*, *IACClate*, *IACCtotal*, *SPL(A)*, *SPL(Lin)*, *SPL(C)*, *STI*, *STI(Female)*, *STI(Male)*, *RASTI*, *STI(expected)*, *T(30_Avrerage)*, *LF(80_Avrerage)*, *Lj(Avrerage)*, *BR(RT)*, *BR(SPL)*, *SIL*, *AI*, *Alcons(STI)* y *Density(reflections)*.

Cuando se introduce el parámetro se guarda directamente su *string* en la **variable de salida param**.

Mientras no se seleccione uno de estos parámetros disponibles aparece un mensaje de error avisado de ello. (Hay que escribir el parámetro de la misma manera que en el mensaje de selección distinguiendo incluso letras mayúsculas y minúsculas para no generar errores)

5.2.2.5. Diagrama de flujo



COTINÚA EN LA PÁGINA SIGIENTE



5.2.3. Función *posiciones_v11.m*

5.2.3.1. Llamada a la función

POSMICRO = *posiciones_v11* (*celtexto*)

5.2.3.2. Descripción

Esta función guarda en una matriz, a partir de la celda de texto, *celtexto*, procedente de la salida de la función lectura de archivos ODEON versión 11, todas las posiciones (x, y, z) de los receptores donde se han medido los parámetros acústicos.

Se utiliza para obtener las posiciones dónde se toman los datos en la sala y más adelante, con el uso de otra función y esas posiciones, poder representarla en 3 dimensiones.

El mayor problema encontrado, es que los datos de la celda de texto están en formato *string*, y se necesita que las posiciones sean variables de tipo numérico, por lo que se debe realizar un pequeño proceso para su conversión.

Se pasa de la celda de texto cuyas filas contienen las posiciones así:

Grid receiver N^o at (x, y, z) = (a; b; c)

A una matriz numérica cuyas filas están compuestas por las columnas a b c, correspondientes a las coordenadas x, y, z.

5.2.3.3. Parámetros de entrada y salida

El parámetro de entrada es:

- ***celtexto***: se trata de una celda de *MATLAB* que contiene las cadenas de caracteres (datos tipo String) en la que aparecen los nombres de los parámetros acústicos y, además, las posiciones (x, y, z) donde se han realizado las medidas.

El parámetro de salida es:

- ***POSMICRO***: matriz de 3 columnas, cada una de las cuales corresponde a las coordenadas x, y, z de las posiciones donde han sido medidos los valores de los parámetros acústicos de la sala y cuyo número de filas depende del número de receptores que hayan sido colocados para medir esos valores.

5.2.3.4. Procedimiento

Se parte de la celda de texto *celtexto* con valores tipo *string*, para datos de la versión 11 de ODEON, en la que aparecen a las posiciones (x, y, z) de los micrófonos en la sala.

Ceda *celtexto* para datos de la **versión 11**:

	Columna
fila 1	'Grid receiver 1 at (x,y,z) = (-5,8; 11,8; 0,2)'
fila 2	'PARAM'
fila 3	'EDT'
fila 4	'T(30)'
fila 5	'Ts'
fila 6	'SPL'
fila 7	'D(50)'
fila 8	'C(80)'
fila 9	'LF(80)'
fila 10	'SPL(A)'
fila 11	'STI'
fila 12	'Lj(Avrerage)'
fila 13	'Grid receiver 2 at (x,y,z) = (-5,8; 12,3; 0,4)'

Utilizando la función de *MATLAB* *strrep* se cambian las comas por puntos:

Grid receiver 1 at (x, y, z) = (-5, 8; 11, 8; 0, 2) → Grid receiver 1 at (x. y. z) = (-5.8; 11.8; 0.2)

Después se sustituyen las separaciones entre números limitadas por “;” “por “ ” y se eliminan los paréntesis también haciendo uso de la instrucción de *MATLAB* *strrep*:

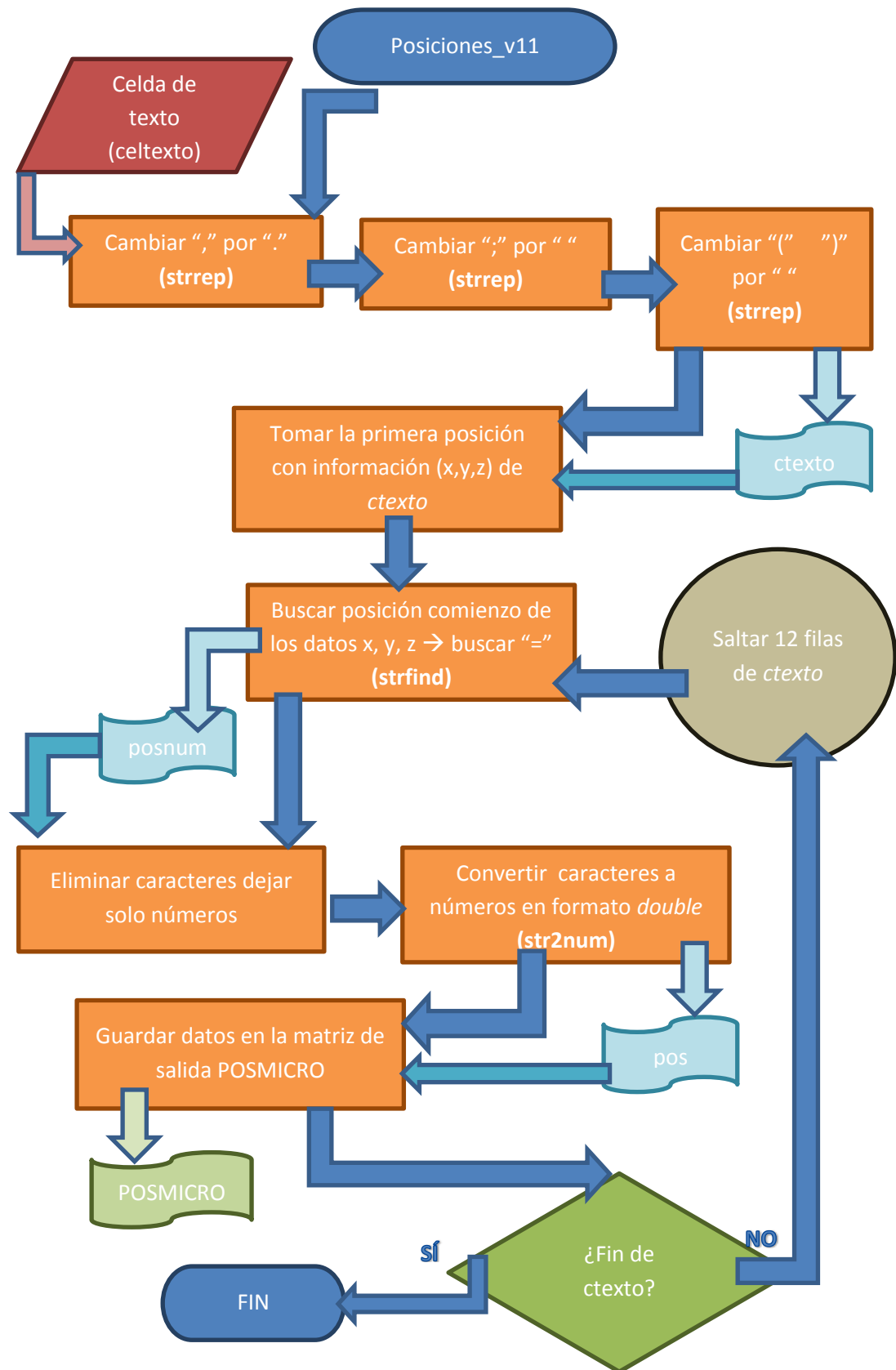
Grid receiver 1 at (x.y.z) = (-5.8; 11.8; 0.2) → Grid receiver 1 at x.y.z = -5.8 11.8 0.2

A la nueva matriz con estas modificaciones se le llama *ctexto*

Como las cadenas de caracteres donde aparecen las posiciones se repiten cada 12 filas, se van tomando esas filas de *ctexto* y se les va realizando estas operaciones 2 operaciones:

- Se busca el comienzo del signo =y se eliminan todos los caracteres anteriores al signo, quedándose únicamente los números (aunque siguen siendo de tipo *string*)
 - Grid receiver 1 at x.y.z = -5.8 11.8 0.2 → -5.8 11.8 0.2*
- Finalmente se convierten esos datos de tipo *string* correspondientes a las posiciones a datos numéricos tipo *double* con *str2double* y se guarda todo en la **matriz de salida POSMICRO**.

5.2.3.5. Diagrama de flujo



5.2.4. Función *posiciones_v12.m*

5.2.4.1. Llamada a la función

POSMICRO = *posiciones_v12* (*celtexto*, *datos*)

5.2.4.2. Descripción

Esta función guarda en una matriz, a partir de la matriz de datos procedente de la salida de la función lectura de archivos ODEON versión 12, todas las posiciones (x, y, z) de los receptores donde se han medido los parámetros acústicos.

Se utiliza para obtener las posiciones dónde se toman los datos en la sala y más adelante, con el uso de otra función y esas posiciones, poder representarla en 3 dimensiones.

5.2.4.3. Parámetros de entrada y salida

Los parámetros de entrada son:

- ***celtexto***: se trata de una celda de MATLAB que contiene las cadenas de caracteres (datos tipo String) en la que aparecen los nombres de los parámetros acústicos.
- ***datos***: matriz de 8 columnas, cada una de las cuales corresponde a los datos en frecuencias de entre 63 Hz y 8000Hz y un número de filas que dependen del número de parámetros acústicos distintos que se hayan decidido calcular en cada posición de micrófono desde el programa *ODEON*.

Los datos numéricos contenidos son de tipo *double*.

Asimismo, en la versión 12 esta matriz *datos* contiene filas con las posiciones (x, y, z) donde han sido medidos estos parámetros.

El parámetro de salida es:

- ***POSMICRO***: matriz de 3 columnas, cada una de las cuales corresponde a las coordenadas x, y, z de las posiciones de los receptores donde han sido medidos los valores de los parámetros acústicos de la sala y cuyo número de filas que dependen del número de receptores que hayan sido colocados.

5.2.4.4. Procedimiento

Debido a que en la versión 12 se puede elegir de cuáles de los 39 parámetros acústicos se desea calcular sus valores en *ODEON* y no siempre se seleccionan todos, se obtienen archivos con más o menos filas dependiendo de ello.

Por consiguiente, no se puede utilizar la misma función que para la versión 11 en la que siempre aparecían los mismos 10 parámetros acústicos y las posiciones aparecen cada 12 filas en *celtexto*. Además, hay que tener en cuenta que en los archivos de la versión 12, las posiciones (x, y, z) ya no se encuentran en *celtexto* sino incluidas dentro de la matriz *datos*.

Para para no depender de cada cuántas filas se repiten los datos de posición en *datos* (debido a que no es un número fijo de filas como en v11 sino que puede variar), lo que se hace es buscar la palabra 'Position' de la celda *celtexto* y utilizar el número fila para encontrar en la matriz de datos *datos* los valores (x, y, z).

El problema es que la primera fila de *celtexto* empieza con el título del receptor de la malla ('Grid receiver nº') y luego la palabra 'Position' y en datos la primera fila empieza directamente por (x, y, z), es decir, los datos (x, y, z) buscados en *datos* no coinciden a lo largo de la matriz con el número de fila de las palabras 'Position' en *celtexto*.

CELTEXTO	Columna 1	DATOS	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4
fila 1	'Grid receiver 1'	fila 1	Pos x	Pos y	Pos z	...
fila 2	'Position'	fila 2	63	125	250	...
fila 3	'PARAM'	fila 3	datos	datos	datos	...
fila 4	'EDT'	fila 4	datos	datos	datos	...

fila 42	'Density(reflections)'	fila 41	datos	NaN	NaN	...
fila 43	'Grid receiver 2'	fila 42	Pos x	Pos y	Pos z	...
fila 45	'Position'	fila 43	63	125	250	...

fila 85	'Grid receiver 3'	fila 83	Pos x	Pos y	Pos z	
fila 86	'Position'					

Para que coincida la posición de 'Position' en *celtexto* con la de (x, y, z) en *datos* se tienen que eliminar esas filas que empiezan por el título 'Grid receiver nº'.

Para ello se buscan los títulos de los receptores mediante la función *MATLAB strncmp* y se eliminan, haciendo coincidir de esta manera las filas en *celtexto* de 'Position' con las filas en *datos* de (x, y, z):

CELTEXTO	Columna 1	DATOS	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4
fila 1	'Position'	fila 1	Pos x	Pos y	Pos z	...
fila 2	'PARAM'	fila 2	63	125	250	...
fila 3	'EDT'	fila 3	datos	datos	datos	...
fila 4		fila 4	datos	datos	datos	...

fila 41	'Density(reflections)'	fila 41	datos	NaN	NaN	...
fila 42	'Position'	fila 42	Pos x	Pos y	Pos z	...

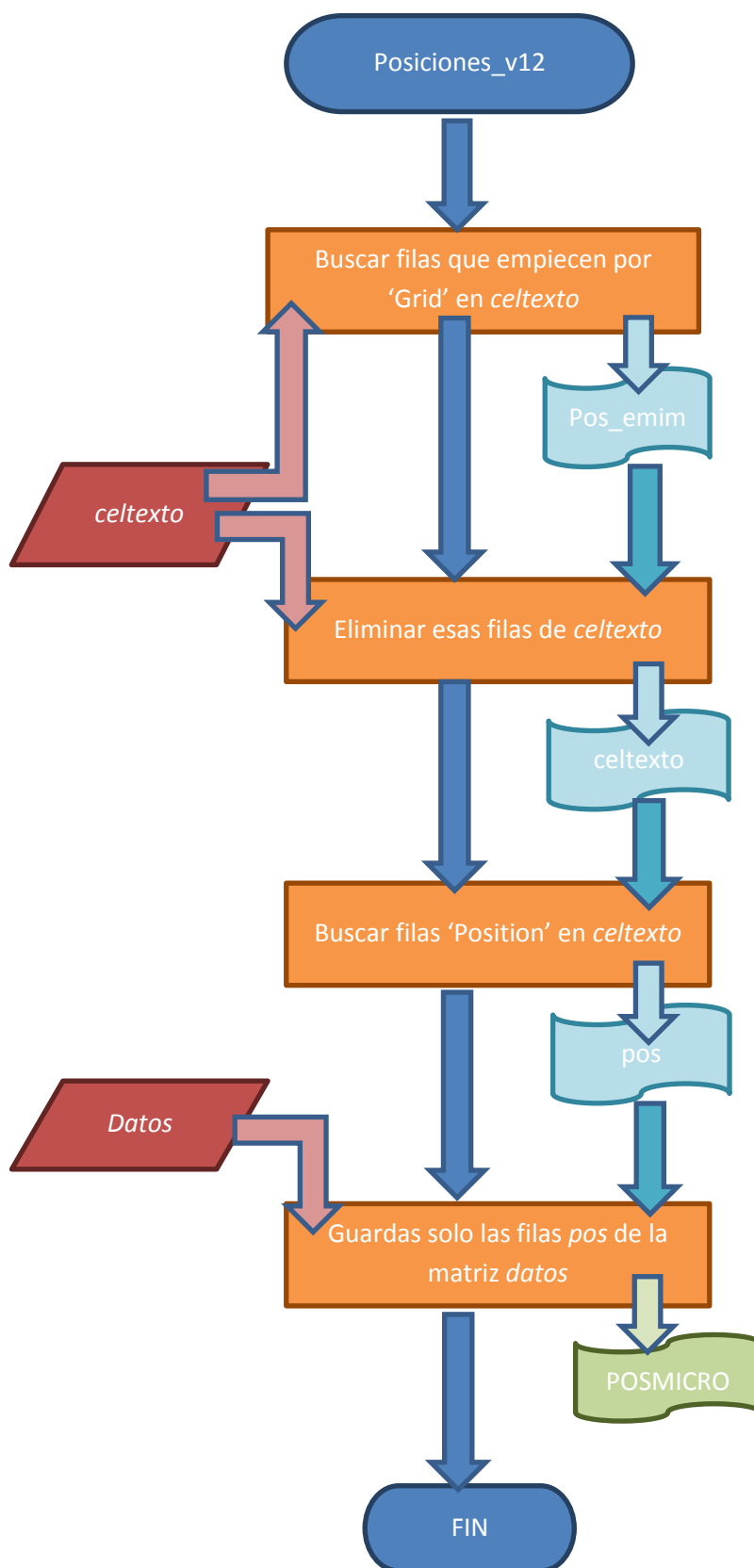
fila 45

fila 83	'Position'	fila 83	Pos x	Pos y	Pos z	...

Estas filas donde aparece la palabra 'Position' en *celtexto* se guardan en una matriz llamada *pos*.

Finalmente quedándose con las filas de *pos* de la matriz *datos* se obtienen las posiciones de los receptores que son guardadas en la matriz *POSMICRO*.

5.2.4.5. Diagrama de flujo



5.2.5. Función *parametro.m*

5.2.5.1. Llamada a la función

Parametro = parametro (celtexto, param, datos, c)

5.2.5.2. Descripción

Esta función permite crear un vector con los valores numéricos que toma el parámetro acústico elegido a la frecuencia seleccionada con anterioridad.

5.2.5.3. Parámetros de entrada y salida

Los parámetros de entrada son:

- **celtexto:** se trata de una celda de *MATLAB* que contiene las cadenas de caracteres (datos tipo String) en la que aparecen los nombres de los parámetros acústicos.
- **datos:** Matriz que contiene todos los valores numéricos de los parámetros acústicos medidos en la sala en cada posición de micrófono.
Es de una matriz de 8 columnas, cada una en representación de una frecuencia (63Hz-8kHz) y un número de filas que corresponde a los distintos parámetros acústicos medidos en cada posición de receptor en la sala. Esta función se obtiene tras llamar a la función lectura. ([Ver matriz de datos](#))
- **param:** Cadena de carácter (*string*) con el nombre del parámetro acústico introducido por el usuario.
- **c:** Valor de la columna de la matriz de datos correspondiente a una frecuencia introducida por el usuario en la función selección_v11/v12.

El parámetro de salida es:

- **Parametro:** En esta matriz se encuentran todos los valores del parámetro acústico elegido a la frecuencia deseada.
Es una matriz de datos de 1 columna (cogida de la matriz de entrada *datos*, según la frecuencia) y un número de filas que depende del número de receptores que hayan sido colocados para realizar la medida del parámetro acústico elegido.

5.2.5.4. Procedimiento

Dependiendo del parámetro y la frecuencia seleccionada (datos de entrada), se toman una serie de filas (donde se encuentran los datos del parámetro acústico seleccionado) y una determinada columna (1-8) de la matriz *datos*.

El procedimiento es bastante parecido a la función *posiciones_v12*. Consisten en buscar en *celtexto* el nombre del parámetro acústico introducido por el usuario y quedarse en *datos* con la posiciones de filas en las que aparece.

Al igual que antes, el problema es que, inicialmente, el nombre del parámetro en *celtexto* y sus valores correspondientes en *datos* no coinciden en el número de las filas en las que aparecen en sus respectivas matrices:

CELTEXTO	Columna 1	DATOS	Col 1	Col 2	Col 8
fila 1	'Grid receiver 1'	fila 1	Pos x	...	
fila 2	'Position'	fila 2	63	...	8000
fila 3	'PARAM'	fila 3	datos	...	datos
fila 4	'EDT'	fila 4	datos	...	datos

fila 42	'Density(reflections)'	fila 41	datos	...	NaN
fila 43	'Grid receiver 2'	fila 42	Pos x	...	
fila 44	'Position'	fila 43	63	...	8000
fila 45	'PARAM'	fila 44	datos	...	datos
fila 46	'EDT'	fila 45	datos	...	datos

fila 85	'Grid receiver 3'	fila 83	Pos x		
fila 86	'Position'	fila 84	63	...	8000
fila 87	'PARAM'	fila 85	datos	...	datos
fila 88	'EDT'	fila 86	datos	...	datos

Hay que eliminar las filas con el título 'Grid receiver nº' antes de buscar las posiciones con el nombre del parámetro en *celtexto*.

Para ello se encuentran los títulos de los receptores mediante la función MATLAB *strncmp* y se eliminan consiguiendo que coincidan las filas de *celtexto* del parámetro elegido con las filas de *sus valores en datos*:

CELTEXTO	Columna 1	DATOS	Col 1	Col 2	Col 8
fila 1	'Position'	fila 1	Pos x	...	
fila 2	'PARAM'	fila 2	63	...	8000
fila 3	'EDT'	fila 3	datos	...	datos

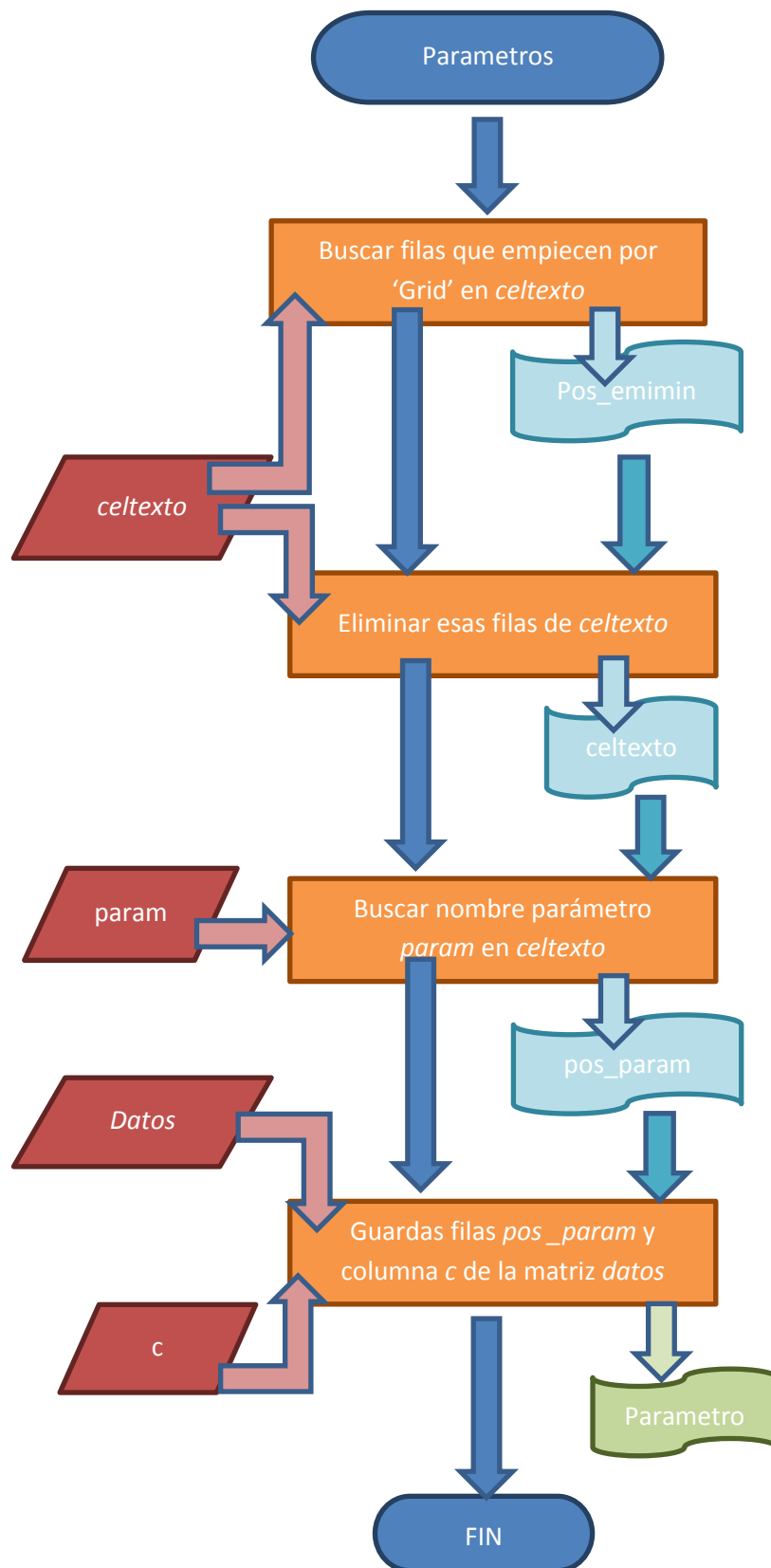
fila 41	'Density(reflections)'	fila 41	datos	...	NaN
fila 42	'Position'	fila 42	Pos x	...	
fila 43	'PARAM'	fila 43	63	...	8000
fila 44	'EDT'	fila 44	datos	...	datos

fila 83	'Position'	fila 83	Pos x		
fila 84	'PARAM'	fila 84	63	...	8000
fila 85	'EDT'	fila 85	datos	...	datos

Estas filas donde aparece la palabra (guardada en param) del parámetro acústico seleccionado en *celtexto* se guardan en una matriz llamada *pos_param*.

Finalmente quedándose con las filas de *pos_param* y las columnas c de la matriz *datos* se obtienen todos los valores del parámetro acústico deseado a la frecuencia elegida, que son guardados en la matriz *Parametro*.

5.2.5.5. Diagrama de flujo



5.2.6. Función *normal.m*

5.2.6.1. Llamada a la función

NORMAL=normal (elemento, maximo)

5.2.6.2. Descripción

Esta función se utiliza para normalizar los valores del elemento de entrada entre respecto a un máximo elegido.

Es muy útil para normalizar las salas respecto a un máximo común y obtener valores entre 0-1 excluyendo los $-\infty$ (que serán siempre -1). Esta normalización de las salas de 0-1 se realiza para que en la representación de los valores por colores se pueda empezar a elegir los colores desde 0, ya que en las diferencias jnd la mínima diferencia que puede producirse también es 0 (no existe diferencia) y a la hora de dibujar las gráficas 3D puede utilizarse así la misma función tanto para salas como para diferencias jnd.

También es de gran ayuda para pasar los valores de las frecuencias acumuladas a porcentaje (normalización de 0-100).

Nota: Los valores $-\infty$, no se normalizan. Para ser distinguidos del resto de valores a normalizar (con valores entre 0-máximo) se les asigna directamente el valor -1.

5.2.6.3. Parámetros de entrada y salida

Los parámetros de entrada son:

- **elemento:** Matriz de datos numéricos que queremos normalizar.
- **maximo:** valor máximo de la normalización.

El parámetro de salida es:

- **NORMAL:** Es una matriz de datos normalizados entre 0 y máximo.

5.2.6.4. Procedimiento

Para normalizar los valores entre 0 y un máximo elegido se aplicará esta fórmula:

$$NORMAL = \left(\frac{X + \Delta X}{rango} \right) * maximo$$

Ecuación 28: Fórmula normalización (0-máximo)

Dónde:

- X: es el valor de la matriz introducida en la función normal que queremos normalizar.
- ΔX : es el incremento que hay desde 0 al valor mínimo distinto de $-\infty$ (0-vmin).
- Rango: es la diferencia entre el valor máximo de la matriz introducida y el mínimo (vmax-vmin)
- La parte entre paréntesis normaliza entre 0 y 1. Al multiplicar por máximo se normaliza entre 0-maximo.
- Máximo: es el valor máximo elegido que se quiere que tenga la normalización.

Para poder aplicar la fórmula anterior se necesita previamente calcular de la matriz de entrada:

- el máximo
- el mínimo
- el rango
- el incremento

Primero se calculan los valores máximos y mínimos de la matriz introducida en la *función normal*, es decir, lo que se ha llamado en parámetros de entrada *elemento*, para ello se utilizan la funciones de *MATLAB* *max* y *min*.

Si el valor mínimo de *elemento* es $-\infty$, no se puede normalizar bien ya que el incremento (0- $-\infty$) será infinito y todos los valores a normalizar pasarán a ser 0 ($(x+\infty)/-\infty$), al aplicar la fórmula.

Para evitar este problema, se mira si el valor mínimo es $-\infty$:

- Si es así se sustituyen los $-\infty$ por NaN (not a number) y se vuelve a calcular el valor mínimo sin tener en cuenta los $-\infty$.
- Si no es así, no se cambia nada de la matriz *elemento*.

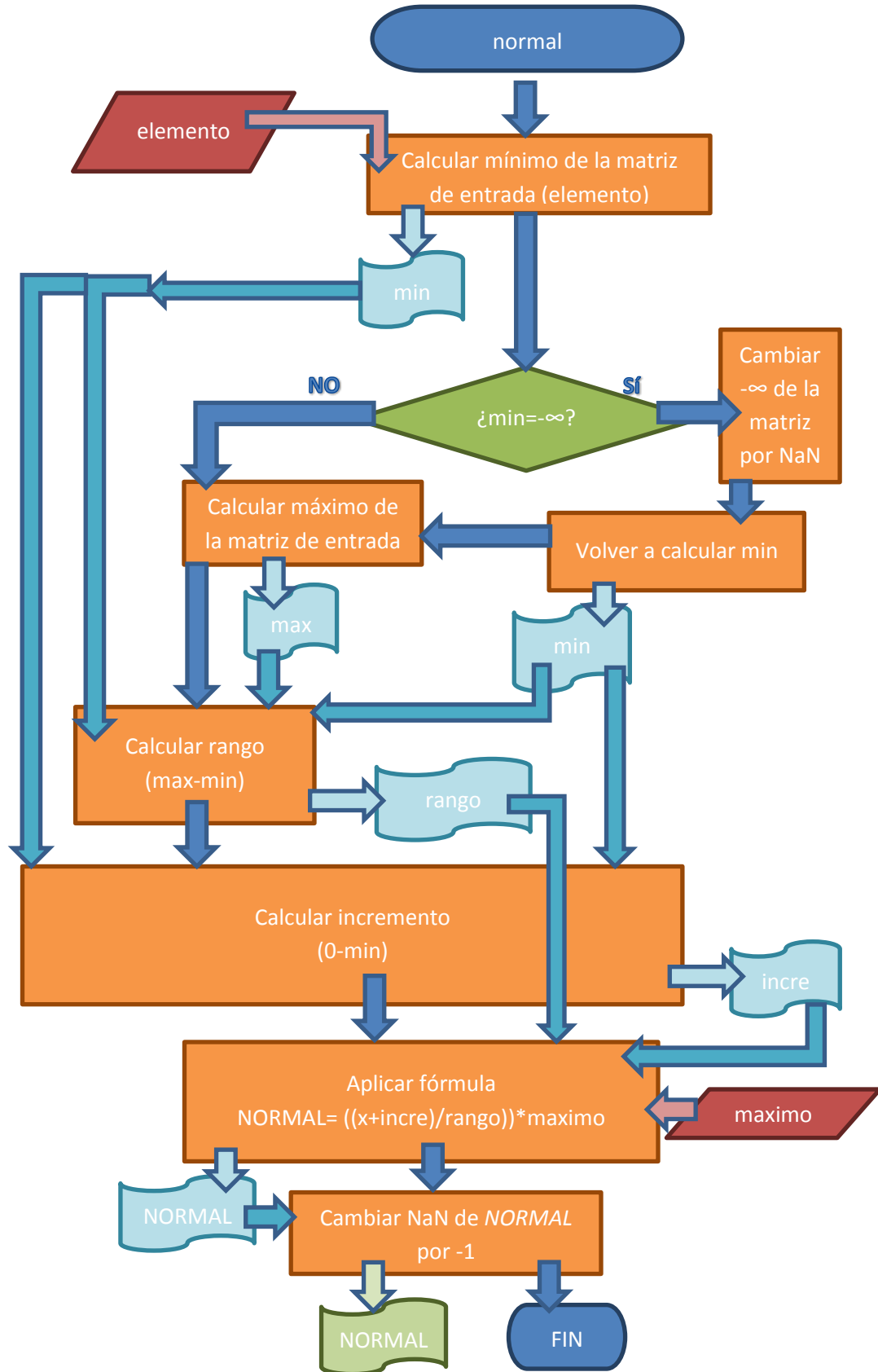
El incremento vendrá dado por 0-valor min.

El rango por la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo.

Con todos estos elementos se aplica fórmula para normalizar a cada valor de *elemento*.

Si en la matriz *elemento* existiesen valores $-\infty$ inicialmente que ha sido sustituidos por NaN al final, cuando todos los valores de *elemento* estén normalizados, se les asignará un valor fuera del rango 0-máximo para que se sepa que son valores raros.

5.2.6.5. Diagrama de flujo



5.2.7. Función *dif_jnd.m*

5.2.7.1. Llamada a la función

jnd = dif_jnd (Parametro1, Parametro2, param)

5.2.7.2. Descripción

Esta función que calcula la diferencia, posición por posición, existente entre las dos salas de los valores del parámetro acústico seleccionado a una determinada frecuencia y, posteriormente, pasa esta diferencia a valores jnd.

5.2.7.3. Parámetros de entrada y salida

Los parámetros de entrada son:

- **Parametro1:** Es una matriz de datos del parámetro acústico elegido a una determinada frecuencia en la primera sala a comparar.

Sus dimensiones son de una columna y un número de filas dependiente del número receptores distintos colocados para medir el parámetro.

- **Parametro2:** Es una matriz de datos del parámetro acústico elegido a una determinada frecuencia en la segunda sala a comparar.

Sus dimensiones son de una columna y un número de filas dependiente del número receptores distintos colocados para medir el parámetro.

Estas matrices con los datos del parámetro acústico provienen de aplicar la función parametro.m.

- **Param:** nombre del parámetro introducido por el usuario. En formato cadena de carácter (*string*).

El parámetro de salida es:

- **jnd**: Es la diferencia en jnd, posición por posición, existente entre las dos salas a comparar de los valores del parámetro acústico seleccionado a una determinada frecuencia.

El cálculo de la diferencia **en jnd** depende del parámetro acústico elegido.
([Ver tabla jnd](#)).

Sus dimensiones son de una columna y un número de filas dependiente del número receptores distintos colocados para medir el parámetro acústico en cada posición.

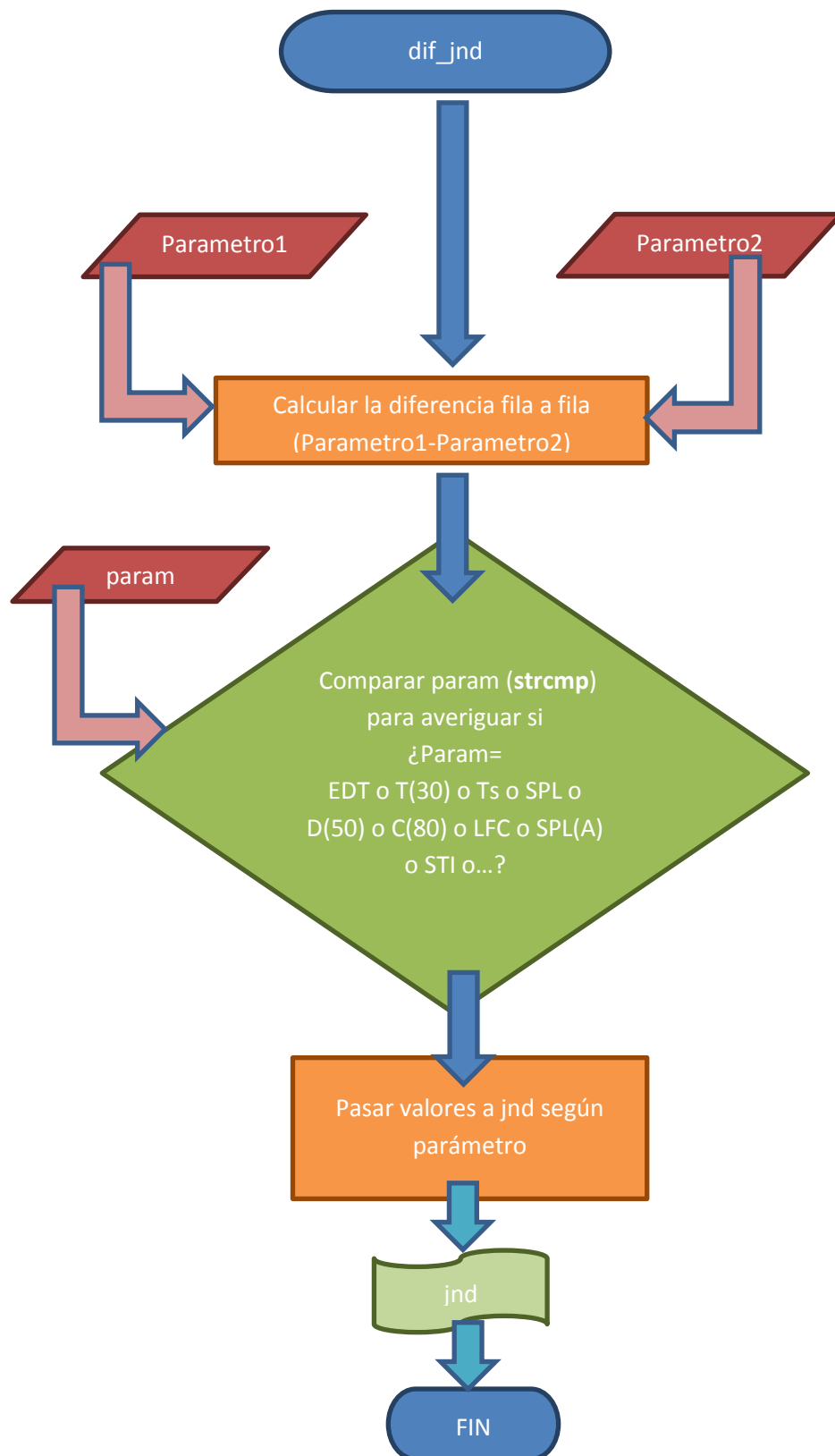
5.2.7.4. Procedimiento

Se calcula la diferencia entre los valores que tiene parámetro en cada una de las posiciones (diferencia fila a fila) de las matrices *Parametro* de la sala 1 y la sala 2 que se están comparando.

Dependiendo del parámetro acústico que se haya seleccionado (se sabe gracias a la variable *param*), se pasa la diferencia a su jnd en particular.

En los casos en el que el valor jnd sea relativo, por ejemplo, para T (30) que es un 5% del valor. Se calculará su jnd respecto a la media de los valores de los que se está realizando la diferencia en ese momento.

5.2.7.5. Diagrama de flujo



5.2.8. Función *grafica.m*

5.2.8.1. Llamada a la función

graf = *grafica* (*PARNOR*, *POSMICRO*, *paso*)

5.2.8.2. Descripción

Esta función que representa gráficamente en 3D la sala por colores según el valor del parámetro o la diferencia en jnd en cada posición.

Para ello se vale de la matriz *POSMICRO* que contiene los valores de las posiciones (x, y, z) de los receptores y la matriz *PARNOR* con valores del parámetro acústico o la diferencia jnd. Paso sirve para delimitar los valores donde se producen los cambios de color.

Para **colorear posiciones según el valor de PARNOR** se ha utilizado esta tabla:

Para elegir color, valores parámetro (PARNOR) entre:	R	G	B	Color RGB normalizado 0-1	Muestra color
$-\infty$ (no normalizados, asigna valor=-1)	0	0	0	col=[0 0 0]	
(0.0<=PARNOR) & (PARNOR<0.05*)	0	0	122	col=[0 0 0.48]	
(0.05*<=PARNOR) & (PARNOR<0.10*)	21	67	255	col=[0.08 0.26 1]	
(0.10*<=PARNOR) & (PARNOR<0.15*)	42	134	255	col=[0.16 0.53 1]	
(0.15*<=PARNOR) & (PARNOR<0.20*)	51	204	255	col=[0.20 0.80 1]	
(0.20*<=PARNOR) & (PARNOR<0.25*)	52	246	173	col=[0.20 0.96 0.68]	
(0.25*<=PARNOR) & (PARNOR<0.30*)	86	203	65	col=[0.34 0.80 0.25]	
(0.30*<=PARNOR) & (PARNOR<0.35*)	172	254	79	col=[0.67 1 0.31]	
(0.35*<=PARNOR) & (PARNOR<0.40*)	233	255	32	col=[0.91 1 0.13]	
(0.40*<=PARNOR) & (PARNOR<0.45*)	255	255	0	col=[1 1 0]	
(0.45*<=PARNOR) & (PARNOR<0.50*)	255	211	0	col=[1 0.83 0]	
(0.50*<=PARNOR) & (PARNOR<0.55*)	255	167	0	col=[1 0.65 0]	
(0.55*<=PARNOR) & (PARNOR<0.60*)	255	116	0	col=[1 0.45 0]	
(0.60*<=PARNOR) & (PARNOR<0.65*)	255	0	0	col=[1 0 0]	
(0.65*<=PARNOR) & (PARNOR<0.70*)	215	0	0	col=[0.84 0 0]	
(0.70*<=PARNOR) & (PARNOR<0.75*)	148	0	27	col=[0.58 0 0.11]	
(0.75*<=PARNOR) & (PARNOR<0.80*)	110	0	77	col=[0.43 0 0.30]	
(0.80*<=PARNOR) & (PARNOR<0.85*)	150	0	121	col=[0.59 0 0.47]	
(0.85*<=PARNOR) & (PARNOR<0.90*)	222	51	210	col=[0.87 0.20 0.82]	
(0.90*<=PARNOR) & (PARNOR<0.95*)	249	136	247	col=[0.98 0.53 0.97]	
(0.95*<=PARNOR) & (PARNOR<=1.0*)	255	204	255	col=[1 0.80 1]	

***NOTA:** Se podrá elegir el paso, es decir, cada cuanto se incrementa el límite superior a partir del cual cambia el color del que se va a pintar esa posición. En el ejemplo anterior de la tabla en el que PARNOR tiene un rango de 0-1, y hay 20 colores el paso es **0.05**.

Para valores mayores al máximo de la escala jnd elegida (rango escala: 0-max), se pintarán sus posiciones en blanco.

5.2.8.3. Parámetros de entrada y salida

Los parámetros de entrada son:

- **PARNOR:** Es la matriz de todos los valores que se van a pintar.
Puede ser una matriz con los valores del parámetro acústico a una determinada frecuencia, en cuyo caso se normalizan estos valores entre 0 y 1. Exceptuando los valores $-\infty$, que no se normalizan, y se les asigna por defecto valor -1 para que siempre se pinten de color negro.
También puede ser una matriz con los valores de las diferencias en jnd. Estos valores estarán comprendidos entre 0 (no existe diferencia) y un valor máximo de diferencia.

Sus dimensiones son de una columna y un número de filas dependiente del número receptores distintos que se hayan colocado en la sala para medir el parámetro.

- **POSMICRO:** matriz de 3 columnas, cada una de las cuales corresponde a las coordenadas x, y, z de las posiciones donde han sido medidos los valores de los parámetros acústicos en la sala y cuyo número de filas, al igual que antes, depende del número de receptores colocados.

Evidentemente, PARNOR y POSMICRO, tendrán la misma longitud de filas, ya que cada una de ellas se refiere a la información de un receptor en la sala, solo que en un caso es información de posición y en otra del valor del parámetro acústico medido en ese receptor.

- **Paso:** incremento que se va sumando al límite superior del rango que representa uno de los 20 colores. Para elegir el paso se tendrá en cuenta el número de colores distintos para la representación y el máximo valor de PARNOR:

$$Paso = \frac{máx_PARNOR}{20}$$

Ecuación 29: Fórmula valor de Paso

El parámetro de salida es:

- **graf:** Gráfica 3D en color de la sala utilizando las posiciones (x, y, z) de los receptores colocados (POSMICRO), donde el color de cada uno de esos puntos depende del valor del parámetro acústico medido o la diferencia jnd (PARNOR).

5.2.8.4. Procedimiento

Dependiendo de:

- valor del parámetro acústico (normalizado entre 0 y 1), en el caso de representar las salas.
- valor de las diferencias en jnd (sin normalizar, comprendidos entre 0 y diferencia máxima).

Se pinta la posición del valor de un color diferente tal y como se ha relegado en la [tabla de colores](#) según valor del parámetro.

Esto se logra mediante la utilización de sentencias condicionales *if, elseif*.

Se recuerda que los valores $-\infty$ no se normalizan sino que directamente se asigna valor -1 y se pintarán de color negro.

Se dibuja cada punto como un cuadrado en las coordenadas (x, y, z) proporcionadas por la matriz *POSMICRO*, y se rellena del color correspondiente.

Para ir pintando cada punto en el mismo dibujo, se activa el *hold* y también el *grid* para que se vea una rejilla.

Las especificaciones de cómo son los puntos a pintar se dan en la función *plot3* de la siguiente manera:

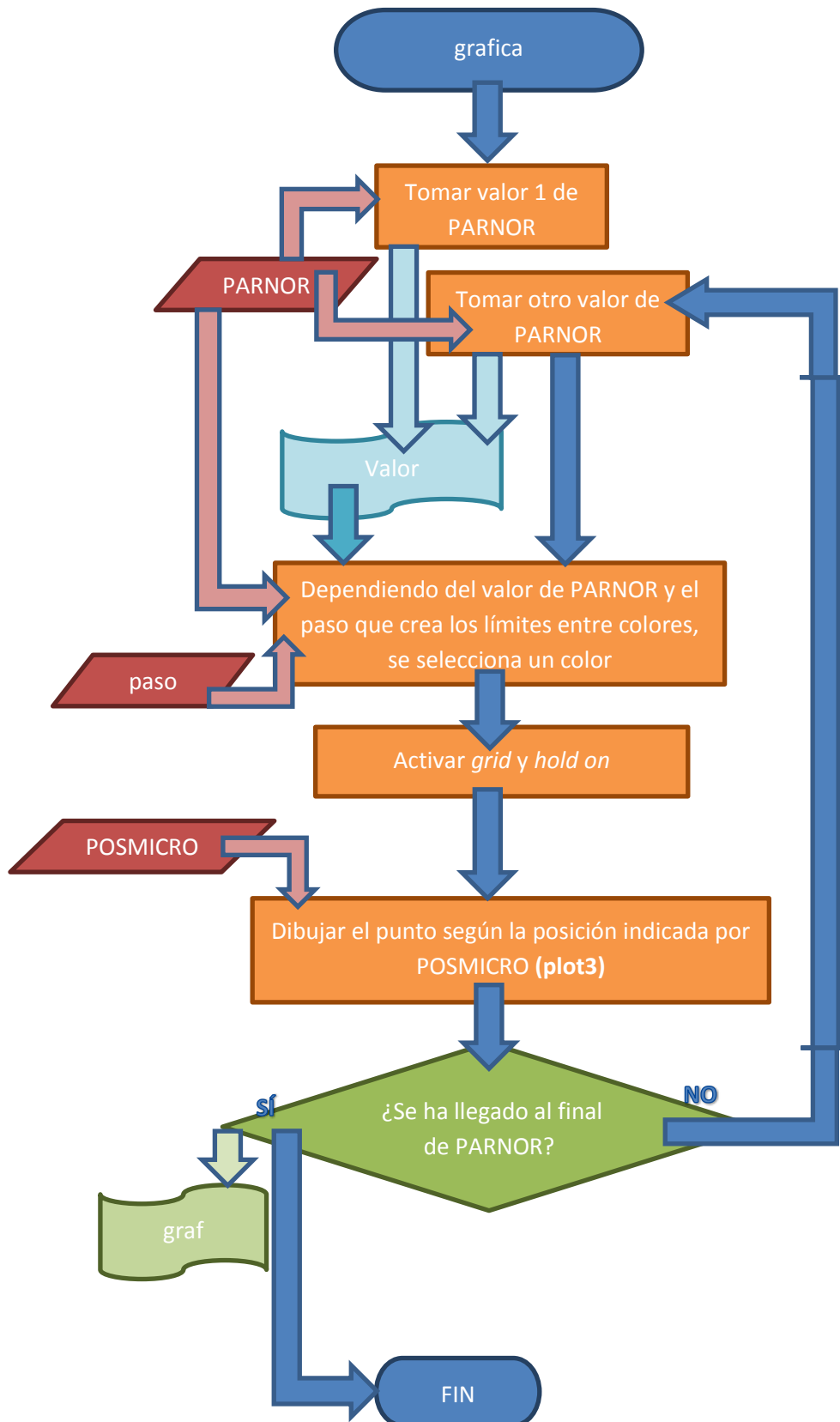
```
graf=plot3(x(k,1),y(k,1),z(k,1),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor',col,'MarkerSize',6);
```

Dónde:

- $x=POSMICRO(:,1)$
- $y=POSMICRO(:,2)$
- $z=POSMICRO(:,3)$
- k = es el índice que barre la matriz posiciones
- s =marcador cuadrado
- Color contorno marcador negro='MarkerEdgeColor','k'
- Color relleno marcador ='MarkerFaceColor', $col \rightarrow$ es color del tipo [R G B] con valores de R, G y B entre 0-1.
- Tamaño marcador='MarkerSize',6

NOTA: En la GUI puede elegirse el rango de representación de las diferencias jnd, por lo que para adaptar la función a estas nuevas circunstancias, si el valor máximo del jnd a representar supera al máximo del rango elegido para su representación, ej. Jnd_máx=4 y rango representación= 0-1 jnd, se han añadido para la que la función funcione en la GUI unas líneas de código para avisar de ello y para que estas posiciones cuya diferencia es mayor se queden en blanco sin pintar de ningún color de la escala.

5.2.8.5. Diagrama de flujo



5.2.9. Función *estadistica.m*

5.2.9.1. Llamada a la función

ESTA = estadistica (Parametro)

5.2.9.2. Descripción

Esta función que representa gráficamente los valores del parámetro acústico seleccionado a una determinada frecuencia o los valores de las diferencias en jnd, con respecto al número de valores acumulados de posiciones de la sala que tienen ese valor. Los valores de frecuencias acumuladas se dan en tanto por ciento (0-100%).

En la gráfica se incluyen, además, el valor de la media, pintado como un asterisco rojo, y el valor de los percentiles Q2=25% y Q3=75%, representados por un cuadrado amarillo y uno verde respectivamente.

5.2.9.3. Parámetros de entrada y salida

El parámetro de entrada es:

- **Parametro:** En esta matriz se encuentran todos los valores del parámetro acústico elegido a la frecuencia deseada, o todos los valores de las diferencias en jnd.
Sus dimensiones son una de una columna, y un número de filas que depende del número de receptores distintos que haya en la sala.

El parámetro de salida es:

- **Esta:** Gráfica 2D de los valores del parámetro acústico o de las diferencias en jnd con respecto a sus frecuencias acumuladas, es decir, respecto al número de valores acumulados de posiciones de la sala que lo cumplen en tanto por ciento (0-100%).
En la gráfica también incluyen el valor de la media, Q2 y Q3.

5.2.9.4. Procedimiento

Se busca el valor mínimo de la matriz *Parametro* de entrada:

- Si el valor mínimo es $-\infty$, se sustituyen por NaN (not a number). Así se evitan problemas usando *hist*.
Se calcula un nuevo mínimo sin tener en cuenta esos $-\infty$.
- Sino es $-\infty$, no se hace nada.

Se calcula la media (sin contar con los valores $-\infty$, en el caso de que existan) de *Parametro*. (*nanmean*).

Se calculan percentiles Q1=25% y Q3=75% de *Parametro* (*prctile*).

Se calcula la distribución de *Parametro* entre su longitud usando la función de MATLAB *hist*:

[N, x]=hist (Parametro, t);

Dónde:

- t es la longitud de parámetro
- n son las frecuencias absolutas (veces que se repiten los valores de *Parametro*)
- x son las marcas de clase

Para calcular los valores acumulados se suman los valores del vector n, con la función *cumsum* de MATLAB.

Como se quiere presentar estos valores acumulados en porcentaje (0-100) utiliza la función *normal*, descrita anteriormente, introduciendo en la función de llamada las frecuencias acumuladas (n) como elemento y 100 como máximo de la normalización:

NORMAL=normal (elemento, maximo) \rightarrow n2= normal(n, 100)

- Siendo el porcentaje de valores acumulados n2.

Con todos estos datos, se dibuja la gráfica, utilizando *plot*, previa activación de la rejilla y el *hold on* para pintar tanto la media como los percentiles en la misma gráfica que la representación de los valores respecto a sus frecuencias acumulada en porcentaje.

También se titularán el eje y, y el eje x, y se incluirá una leyenda (en la parte inferior derecha de la gráfica) para saber que significa cada punto dibujado.

Esta es la secuencia de comandos en MATLAB:

%Dibujar los percentiles en el punto medio, (25%) cuadrado amarillo y (75%) cuadrado verde.

Plot (Q1, 50,'s','MarkerFaceColor','y'); Plot (Q3, 50,'d','MarkerFaceColor','y');

%dibujar la media (50%) y la pintarla en el punto medio como un * rojo

Plot (media, 50,'*','MarkerEdgeColor','r');

%Dibujar la gráfica con los valores acumulados en las marcas de clase

ESTA=plot(x, n2);

5.2.10. Función *error_cometido.m*

5.2.10.1. Llamada a la función

$[ERROR1, ERROR2] = \text{error_cometido}(\text{Parametro1}, \text{Parametro2})$

5.2.10.2. Descripción

Esta función que calcula el error medio cometido al calcular diferencia de ajuste entre las dos salas a comparar. Se calcula el error de dos maneras distintas para que el usuario decida cuál de las dos se ajusta más a las condiciones de la sala según su número de receptores.

Las fórmulas para calcular el error son las que aparecen en el capítulo 4.2.4:

$$\mu 1 = \sqrt{\frac{\sum (X_d - X_l)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Ecuación 30: error medio 1

$$\mu 2 = \sqrt{\frac{\sum (X_d - X_l)^2}{n}}$$

Ecuación 31: error medio 2

Dónde:

- $X_d - X_l$ = son las diferencias de los valores del parámetro que estamos comparando
- n = es el número de valores distintos que tiene el parámetro

Las diferencias son elevadas al cuadrado para evitar números negativos, y posteriormente se aplica la raíz para cancelar el efecto de elevar al cuadrado.

5.2.10.3. Parámetros de entrada y salida

Los parámetros de entrada son:

- **Parametro1:** Es una matriz de datos del parámetro acústico elegido a una determinada frecuencia en la primera sala a comparar.
Sus dimensiones son de una columna y un número de filas dependiente del número receptores distintos colocados para medir el parámetro.
- **Parametro2:** Es una matriz de datos del parámetro acústico elegido a una determinada frecuencia en la segunda sala a comparar.
Sus dimensiones son de una columna y un número de filas dependiente del número receptores distintos colocados para medir el parámetro.

Los parámetros de salida son:

- **ERROR 1:** Error medio cometido al calcular diferencia de ajuste entre 2 salas, que resulta de aplicar la fórmula de la ecuación 30 anteriormente citada.
- **ERROR 2:** Error medio cometido al calcular diferencia de ajuste entre 2 salas, que resulta de aplicar la fórmula de la ecuación 31 anteriormente citada.

5.2.10.4. Procedimiento

Se calculan las diferencias, fila a fila, de los valores de las matrices de entrada, *Parametro1-Parametro2*, y se eleva al cuadrado para evitar valores negativos, resultando la matriz *dif_cuadra* (de una columna y un número de filas según los receptores existentes en la sala).

Los valores que dan como resultado de esta diferencia NaN (Not a number), son sustituidos por 0, para poder seguir operando al aplicar la fórmula. Procederán de restas de valores con $-\infty$.

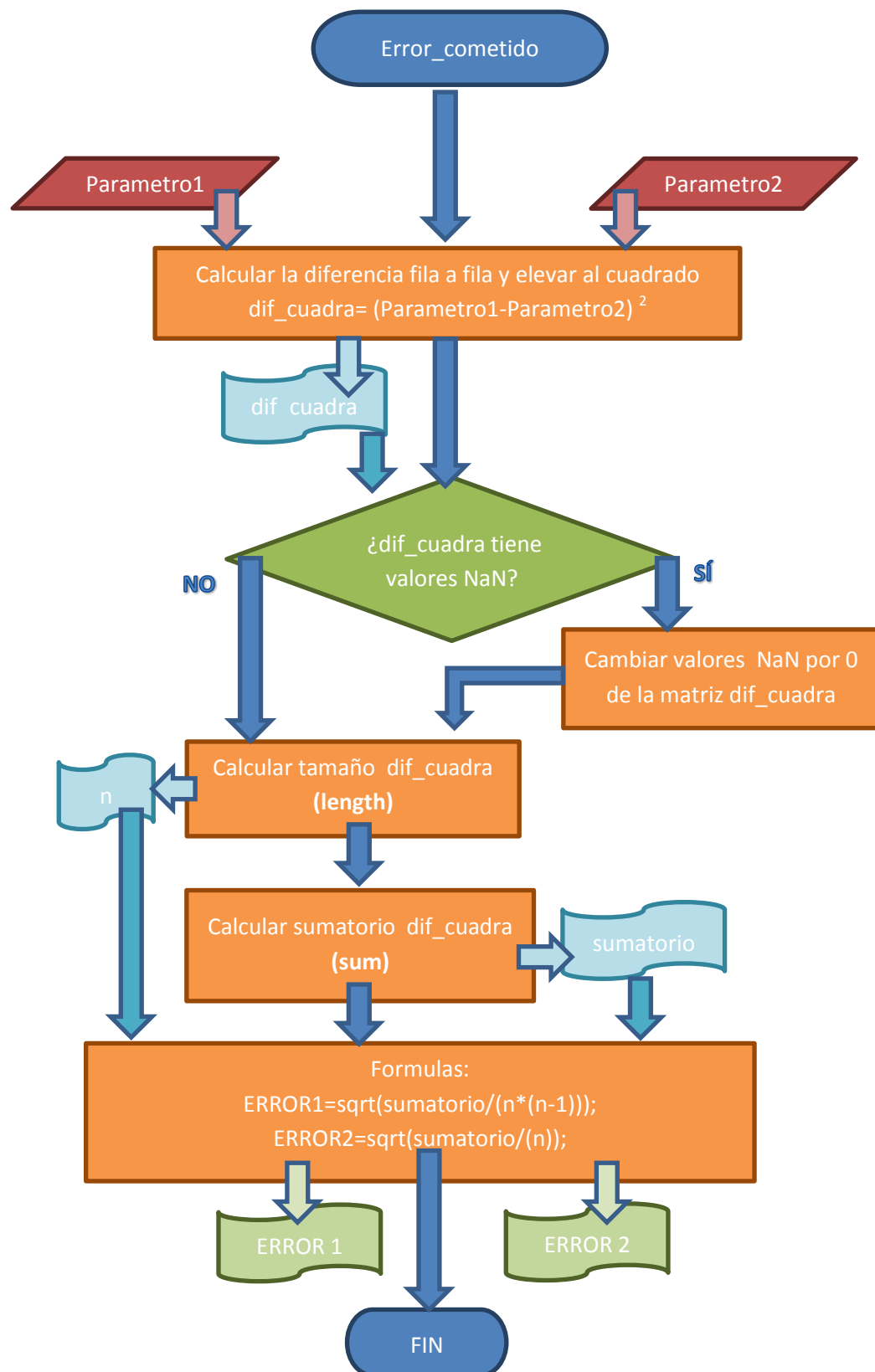
Se calcula el total de valores de la matriz *dif_cuadra* con el comando de MATLAB *length*, obteniéndose así el valor *n* de la fórmula.

Se calcula el sumatorio de esa diferencia cuadrada (*sumatorio en la fórmula*).

Con todos estos datos, se puede ya aplicar la fórmula y calcular el error:

$$\begin{aligned} ERROR1 &= \sqrt{\text{sumatorio} / (n * (n-1))}; \\ ERROR2 &= \sqrt{\text{sumatorio} / (n)}; \end{aligned}$$

5.2.10.5. Diagrama de flujo



5.2.11. Función *principal_v11/v12.m*

5.2.11.1. Llamada a la función

$[Tlectura, tcalculo, tdibujo, ERROR1, ERROR2] = principal_v11/v12$

5.2.11.2. Descripción

Esta función llama a las funciones anteriores y ofrece las gráficas, los tiempos de ejecución y los errores cometidos.

5.2.11.3. Parámetros de entrada y salida

El parámetro de entrada es:

- **Ninguno:** Aunque durante la ejecución de la función si se pedirá al usuario que introduzca por teclado ciertos datos que necesitan las distintas funciones que componen esta función principal, como direcciones de los archivo donde se encuentran los datos procedentes de *ODEON*, parámetro acústico y frecuencia que se quieren comparar.

Los parámetros de salida son:

- ***tlectura*:** tiempo que se tarda, en segundos, desde que se pide la introducción de las direcciones de archivos procedente de *ODEON* a comparar hasta que son leídos y obtenidas las diferentes matrices de *datos* y *celdas de texto*, es decir, tiempo que tarda en ejecutarse la *función lectura*.
- ***tcalculo*:** tiempo que se tarda, en segundos, desde que se seleccionan el parámetro acústico y la frecuencia, hasta que hace todos los cálculos sin contar gráficas, es decir, comprende la ejecución de las funciones *posiciones_v11/v12*, *parametro* para datos de la sala 1 y para los de la sala2, *normal* respecto al total de datos de las dos salas, *dif_jnd*, y *error cometido*.
- ***tdibujo*:** tiempo que se tarda, en segundos, en dibujar tanto las gráficas 3D de las salas y la diferencia en jnd como sus respectivos gráficos estadísticos.

- **ERROR1:** Error medio cometido al calcular, mediante la fórmula de la ecuación 30, la diferencia de ajuste entre 2 salas.
- **ERROR2:** Error medio cometido al calcular, mediante la fórmula de la ecuación 30, la diferencia de ajuste entre 2 salas.
- **graficas:** Automáticamente cuando se termina de ejecutar la función se muestran en 3 figuras diferentes las gráficas 3D para las dos salas a comparar y la de la sala diferencias en jnd, y debajo de las mismas sus gráficos estadísticos de valores del parámetro frente a frecuencias acumuladas en porcentaje.

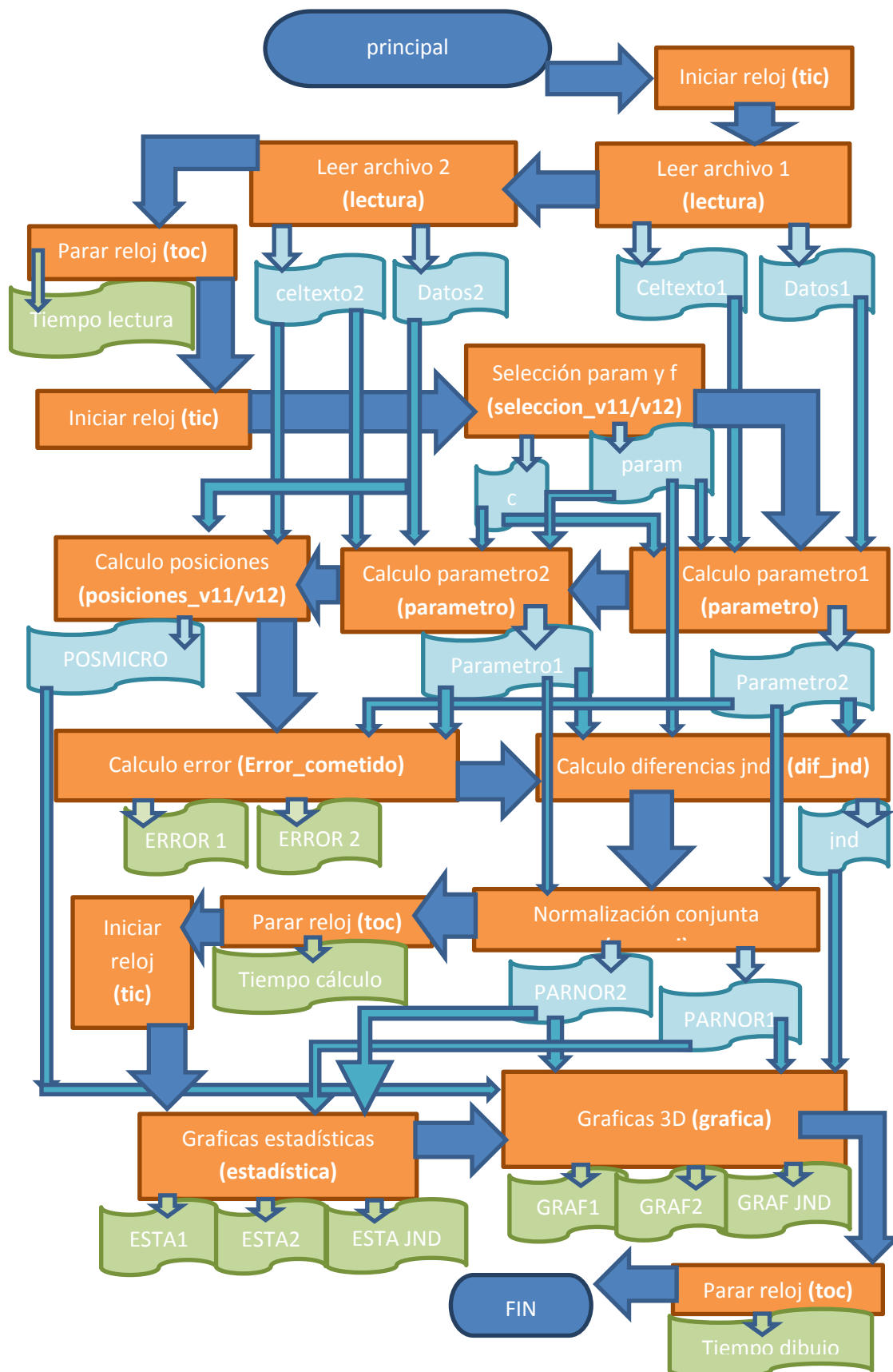
5.2.11.4. Procedimiento

- Se limpian tanto variables como posibles graficas de la pantalla de MATLAB (*clear all*).
- Se inicia el contador de reloj (*tic*).
- Se leen los datos. Para ello se llama a la función lectura dos veces ya que para comparar se necesitan archivos de dos salas diferentes.
- Se para el contador para saber cuánto ha tardado esta operación de lectura y se muestra el resultado en pantalla (*disp(['se tardó en dibujar ' num2str(toc) 's.'])*).
- Se seleccionan tanto el parámetro acústico a comparar como su frecuencia. Para ello se llama a la función *selección_v11/v12*.
- Se inicia de nuevo el contador de reloj (*tic*).
- Se calcula el vector de posiciones de micrófonos en la sala. Para ello se llama a la función *posiciones_v11/v12*. Con llamar a la función para datos de una de las dos salas es suficiente, ya que las posiciones de medida en las dos salas son las mismas.
- Se calcula la matriz de datos del parámetro acústico a la frecuencia seleccionada para cada sala. Para ello se llama a la función *parametro* dos veces (una para cada sala).
- Se normalizan los datos del parámetro acústico a la frecuencia seleccionada anteriores de las dos matrices en conjunto (respecto a su máximo común) para, más tarde, poder pintar de colores estos valores. Para ello se llama a la función *normal*.



- Se calculan las diferencias en jnd. Para ello se llama a la función *dif_jnd*.
- Se calculan los errores cometidos al realizar el ajuste de las salas. Para ello se llama a la función *error_cometido*.
- Se para el contador para saber cuánto han tardado estas operaciones de cálculo y se muestra el resultado en pantalla (*disp(['se tardó en dibujar ' num2str(toc) 's.'])*).
- Se inicia de nuevo el contador de reloj (tic).
- Se dibujan en 3D las salas y la diferencia en jnd de las mismas, en la que cada posición estará pintada de un color según su valor del parámetro acústico.
Debajo de cada grafico 3D se dibuja la gráfica estadística de valores del parámetro frente a frecuencias acumuladas en porcentaje, en las que se incluyen además el punto medio, y los percentiles Q1 y Q3.
Para ello se realizan 3 *figures* distintas con su título correspondiente y dos *subplot* en cada una de ellas, el (2, 1,1) donde se pintarán las gráficas 3D y el *subplot* (2, 1,2) donde se pintarán las gráficas estadísticas.
- Se para el contador para saber cuánto han tardado en dibujar las 3 *figures* distintas con sus 2 *subplot* cada una y se muestra el resultado en pantalla (*disp(['se tardó en dibujar ' num2str(toc) 's.'])*).

5.2.11.5. Diagrama de flujo



6. INTERFAZ GRÁFICA

En este capítulo se describe cómo se ha creado la GUI en MATLAB.

Se comienza por una pequeña guía de cómo realizar una GUI, y se continúa centrándose en el desarrollo particular de la GUI propia de la herramienta acústica para comparar, detallándose desde su diseño hasta su programación interna para que funcione.

6.1. INTRODUCCIÓN

La interfaz gráfica de usuario (GUI-Graphical User Interface en Inglés), es el medio en que el usuario interactúa con el programa o el sistema operativo de un ordenador.

Una GUI contiene diferentes elementos gráficos tales como botones, campos de texto, menús, gráficos, etc., que pueden ser programados y que resultan más cómodos y fáciles de utilizar para el usuario de la aplicación final creada.

MATLAB permite realizar GUI's de una manera sencilla usando GUIDE (Graphical User Interface Development Environment).

GUIDE es un juego de herramientas que extiende por completo el soporte de MATLAB, dando auxilio fácil y rápido en el diseño y presentación de los controles de la interfaz, reduciendo la labor del programador de la interfaz al grado de seleccionar, tirar, arrastrar y personalizar propiedades.

Cuando los controles de la interfaz están en posición y forma deseada, se editan las funciones de llamada (*Callback*) de cada uno de ellos. Las *callback's* se programan escribiendo el código de MATLAB de las acciones que cada una van realizar y que se ejecutan cuando el control sea utilizado.

Al usar GUIDE se obtienen dos archivos:

- Un archivo *.FIG: Contiene la descripción de los componentes que contiene la interface.
- Un archivo *.M: Contiene las funciones y los controles del GUI así como sus *callback* (*función de llamada que se ejecuta al pulsar los controles*).

6.2. NOCIONES BÁSICAS DE GUIDE

Para crear un GUI en MATLAB se accederá a GUIDE:

- Tecleando en la ventana de comandos `>> guide` o
- Mediante el menú File -> New-> GUI

Aparece una ventana como la siguiente:

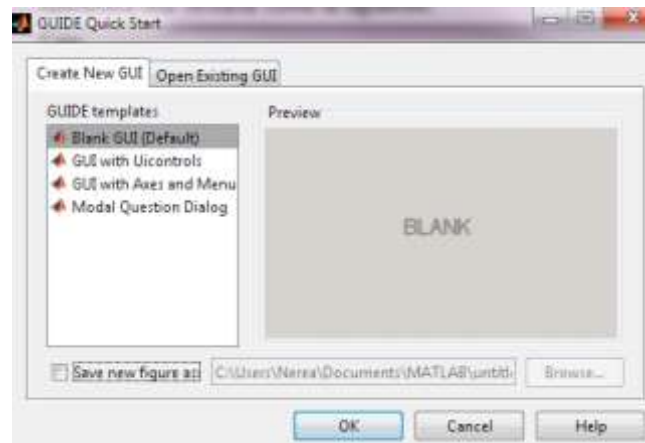


Figura 20: Ventana creación nueva GUI

Se selecciona la opción *Blank GUI (Default)*, plantilla en blanco, y se pasa a la pantalla donde se diseñará la GUI:

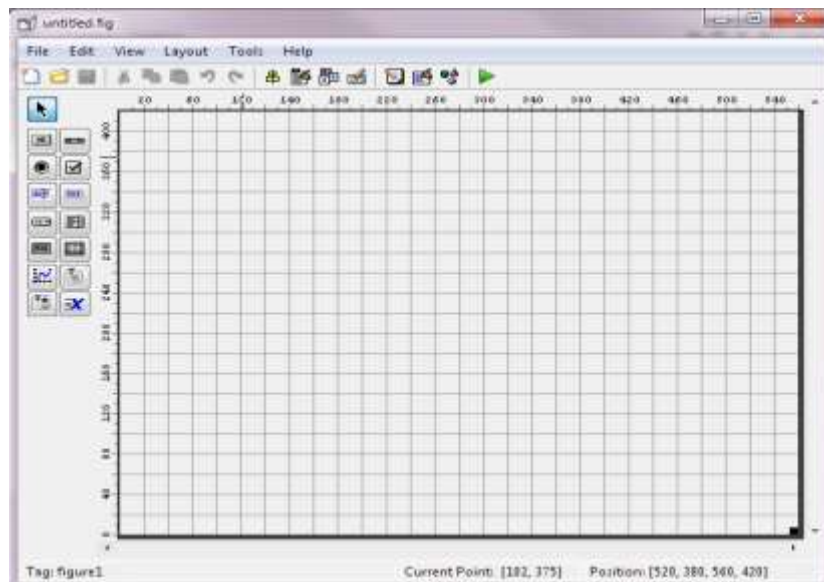


Figura 21: Plantilla en blanco GUI









En esta pantalla se encuentran:

- Los menús y barra de herramientas, situados en la parte superior.
- La paleta con los diferentes tipos de componentes, que son los diferentes objetos que se pueden colocar en el área de trabajo, situados en la parte izquierda.
- El área de diseño (*Layout area*), situada en la parte central.

En los capítulos siguientes del 6.2.1 al 6.2.4 se explica más en profundidad la barra de herramientas, los tipos de objetos y sus propiedades.








6.2.1. Barra de herramientas









Dentro de la barra de herramientas nos encontramos herramientas típicas de cualquier barra como: nuevo, abrir, guardar, copiar y deshacer y rehacer, y las propias de GUI:

-  **Alineación de Componentes (Alignment tool):** esta opción permite alinear los componentes que se encuentra en el área de trabajo de manera personalizada.
-  **Editor de Menús (Menú Editor):** el editor de Menús crea menús de ventana y menús de contexto.
-  **Editor de orden de tabulación (Tab Order Editor):** sirve para marcar el orden de tabulación de los diferentes objetos presentes en la figura.
-  **Editor de archivos m. (M-file Editor):** con este botón se abre el editor de código *MATLAB*, correspondiente a la GUI en la que se está trabajando, en un archivo .m.
-  **Editor de la barra de herramientas (Toobar Editor):** permite Crear una barra de herramientas personalizada para la interfaz que se está diseñando.
-  **Inspector de Propiedades (Property Inspector):** con esta opción se asignan y modifican las propiedades de cada objeto de forma personalizada. En el capítulo 6.2.3. se hablará de algunas de ellas.
-  **Navegador de Objetos (Object Browser):** muestra todos los objetos que se encuentra en la figura (en forma de árbol). A través del navegador pueden seleccionarse los objetos.
-  **Botón de ejecución (Run button):** al presionarse se muestra la figura de la interfaz diseñada en el modo en el que el usuario final la verá. Si ya se han programado los botones se puede observar su funcionamiento.

6.2.2. Paleta de componentes

Dentro de la paleta de componentes se encuentran:

-  **Seleccionar (Select):** control básico para seleccionar los diferentes objetos del área de trabajo.
-  **Pulsadores (Push button):** generan una acción cuando se hace clic con el ratón sobre él.
Al clicar en un push button, el botón aparece presionado; al soltarse el botón del ratón, el push button aparece levantado y su rutina de llamada (callback) se ejecuta.
-  **Barra deslizadora (Slider):** representa un rango de valores. Los datos de entrada son valores numéricos con un rango específico.
Los usuarios mueven la barra dejando presionado el botón del ratón y arrastrándola, o bien haciendo clic en el canal o en la flecha. La posición de la barra indica un valor numérico.
-  **Casilla de verificación (Check box):** indica el estado de una opción. Estas casillas están diseñadas para realizar operaciones de encendido/apagado. Las posiciones de encendido/apagado se registran en la propiedad Value (valor).
-  **Botón de opción (Radio button):** representa una opción. Si solo se usa un botón de opción, no existe diferencia funcional alguna con respecto a una casilla de verificación.
Si se usan en grupo, los botones de opción son conjuntamente exclusivos, es decir, si un botón está encendido, todos los demás botones se apagan, mientras que las casillas de verificación son independientes entre sí.
Sin embargo, esta característica exclusiva de los botones de opción sólo puede implementarse mediante la programación del usuario en la cadena de invocación.
-  **Texto editable (Edit text):** permite al usuario teclear una cadena de entrada (*string*). Se pueden escribir varios valores numéricos en forma de vector o matriz como cadena mediante el mismo dispositivo pero en este caso después de introducirlos se tendrá que utilizar el comando str2num.
-  **Texto estático (Static text):** muestra un string de texto: símbolos, mensajes o incluso valores numéricos de una GUI. El texto estático no tiene cadenas de invocación.

-  **Menú desplegable (Pop-up menu):** Provee una lista de diferentes opciones que se pueden seleccionar.
Difieren de los menús que aparecen en la parte superior de la interfaz en que pueden aparecer en cualquier punto de la ventana de figura.
-  **Cajas de lista (Listbox):** muestra una lista deslizable de opciones y permite a los usuarios seleccionar unos o más de estas opciones.
-  **Botón de palanca (Toggle button):** genera una acción que indica un estado binario (on/off).
Cuando se hace clic en un toggle button, aparece presionado permaneciendo así hasta que se suelte el botón del ratón, en ese momento ejecuta la llamada.
Otro clic de ratón devuelve al botón a su estado original volviendo a ejecutar la rutina de llamada.
-  **Tabla (Table):** genera una tabla.
-  **Ejes (Axes):** coloca un sistema de ejes en el que podremos presentar gráficamente diferentes resultados.
-  **Panel (Panel):** agrupa distintos controles dentro de un marco.
-  **Agrupación de botones (Button group):** agrupa diferentes botones. Es exclusivo para radio buttons y toggle buttons.
-  **Active-X control:** despliega controles active-X en GUI.

6.2.3. Asignación u obtención de valores

La **asignación u obtención de valores** de los componentes se realiza mediante las sentencias **get** y **set**. Por ejemplo:

```
%Para tomar el valor en Celsius → celsius1=eval (get (handles.Celsius,'string'));
```

```
%Para convertir Celsius a kelvin → kelvin1=celsius1 + 273.15;
```

Notar que siempre se obtienen los datos a través de los **identificadores handles**.

Para **colocar** el valor de la variable kelvin1 en el statictext, (identificador: Tag=kelvin) se escribe:

```
Set (handles.kelvin,'string',kelvin1);
```

6.2.4. Inspector de propiedades



Figura 22: Inspector propiedades

El editor de propiedades (*property editor*), este se encuentra disponible en cualquier momento mientras se utilizan los componentes de la interfaz en GUIDE.

El editor de propiedades por separado se puede concebir como una herramienta de trazado, y asistente de codificación (revisión de nombres y valores de propiedades).

Las propiedades varían dependiendo del componente, las más comunes son:

Estilo y apariencia (style/appearance):

- **Background Color:** Cambia el color del fondo del control.

Propiedades básicas (Base properties):

- **Tag:** Nombre que identifica al objeto (muy importante a la hora de programarlo).
- **Visible (on/off):** hace el objeto visible o invisible.
- **Resize (on/off):** sirve para poder cambiar el tamaño de los objetos. Cuando esté activada hay que tener en cuenta que para que realice su función correctamente las unidades de medida del objeto tienen que ser normalizadas.

Posición (Position):

- **Units:** unidades de medida utilizadas (pixel, cm, pulgadas, puntos, caracteres, normalizadas).
- **Position:** indica tanto la posición del objeto respecto a la esquina inferior izquierda de la ventana de diseño (x, y), como el tamaño (ancho/alto).

Datos (Data):

- **String:** es el texto que muestra el objeto (en el caso de botones, cajas de texto, texto estático).
- **Value:** valor asignado al objeto.

Control (control):

- **Callback:** Función de llamada asociada al componente. Es una propiedad muy importante.

6.3. INTERFAZ GRÁFICA COMPARADOR ACÚSTICO

Programado el código necesario de la herramienta para comparar, visto en capítulo 5, el siguiente paso es la realización de la interfaz gráfica de usuario haciendo uso de GUIDE. En este apartado se explica paso a paso el procedimiento que se ha llevado a cabo para su creación.

6.3.1. Objetivos

Los objetivos que debe cumplir la GUI creada son:

- Ser amigable para el usuario final.
- Clara (de un simple golpe de vista tener toda la información disponible).
- Ordenada según el tipo de datos que ofrece.
- Tener un fácil manejo.
- Contar con gráficas y menús de selección.
- Coherente, todos los botones deben estar siempre en el mismo lugar para todas las pantallas y los colores deben ser los mismos.
- Adaptable al tamaño de distintas pantallas de ordenador (tamaño variable).
- Avisar al usuario en todo momento de posibles fallos o errores.

Con esto se logra un manejo adecuado y agradable del software.

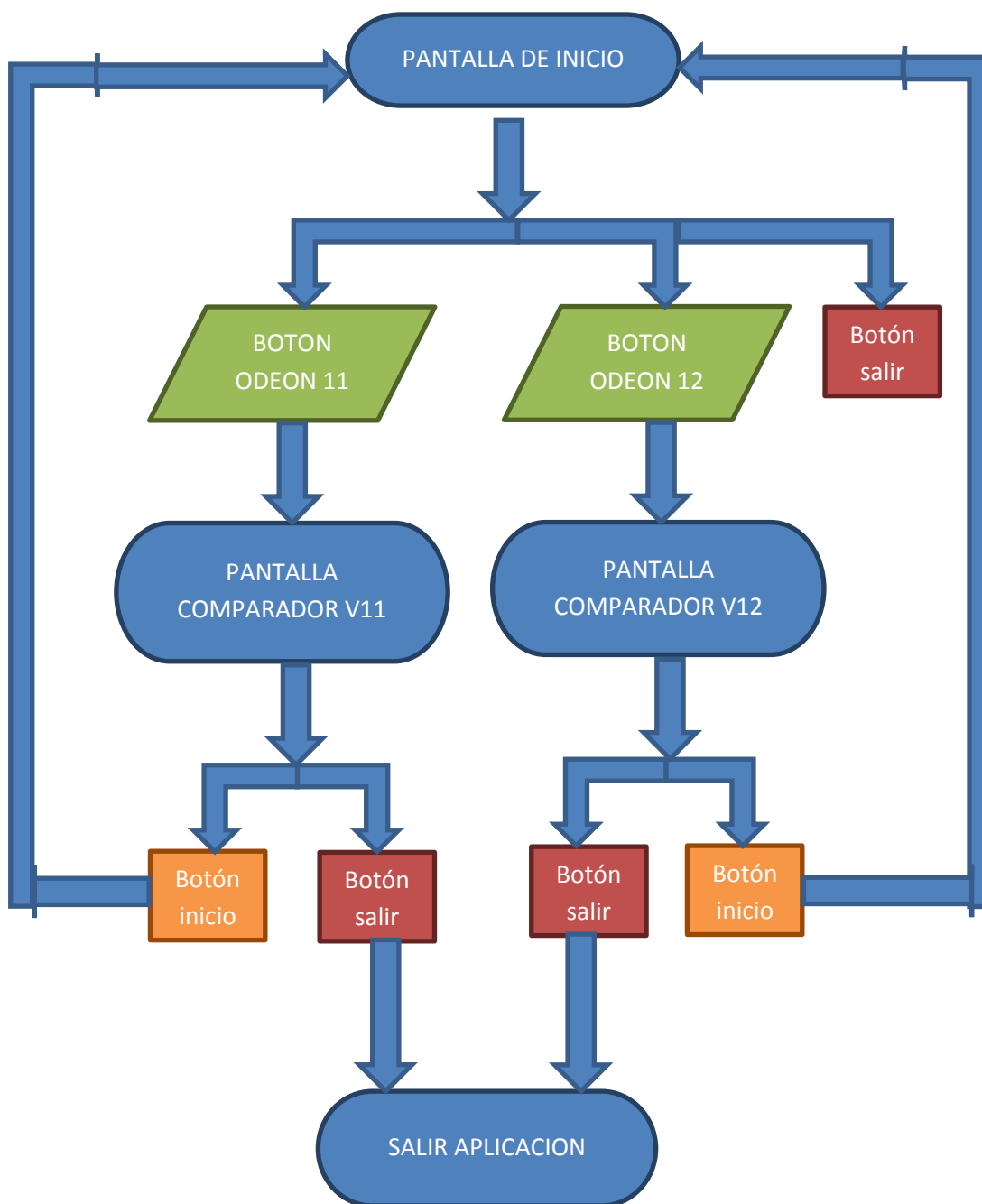
6.3.2. Descripción interface

La interfaz consta de una pantalla de **inicio** donde se podrá seleccionar **el tipo de archivos** de partida **según la versión** sobre los que se va a trabajar (archivos tipo *ODEON v11* o archivos tipo *ODEON v12*).

Después de optar por una de estas opciones, se pasará a la **pantalla de comparación**. En esta pantalla se realizarán:

- Las elecciones de: los archivos a comparar, la frecuencia y el parámetro acústico y el rango de jnd en el que se quiere representar las diferencias.
- La comparación de las 2 salas, mostrando sus gráficas 3D respectivas y las gráficas de valores acumulados con su media y percentiles.
- La diferencia entre salas apareciendo la gráfica 3D diferencias en jnd con su respectiva gráfica de valores acumulados con su media y percentiles.
- El resultado del cálculo de error del ajuste entre salas.

6.3.3. Diagrama de navegación GUI



6.3.4. Diseño pantalla inicio

6.3.4.1. Descripción

La pantalla de inicio sirve como presentación de la herramienta, en ella aparecen el nombre del autor y la carrera cursada en la parte superior izquierda de la pantalla, el logotipo de la universidad en la parte superior derecha, el nombre de la herramienta en el centro con letras más grandes y dos botones debajo para pasar a las pantallas.

6.3.4.2. Aspecto final

El diseño final de la pantalla de inicio tiene este aspecto:



Figura 23: Ventana inicio comparador.

6.3.4.3. Componentes utilizados

Para su creación se han empleado los siguientes componentes sobre el panel de fondo:

- Un axis, que ocupa todo el área de diseño, en el que se mostrará una imagen de fondo.
- Dos Pulsadores, que sirven para pasar a las pantallas de comparación de archivos procedentes de *ODEON 11* y *ODEON 12*.

En los cuales también se han cargado dos imágenes con los logotipos de *ODEON*.

Esta es la distribución de componentes en el área de trabajo de la figura creada en GUIDE:

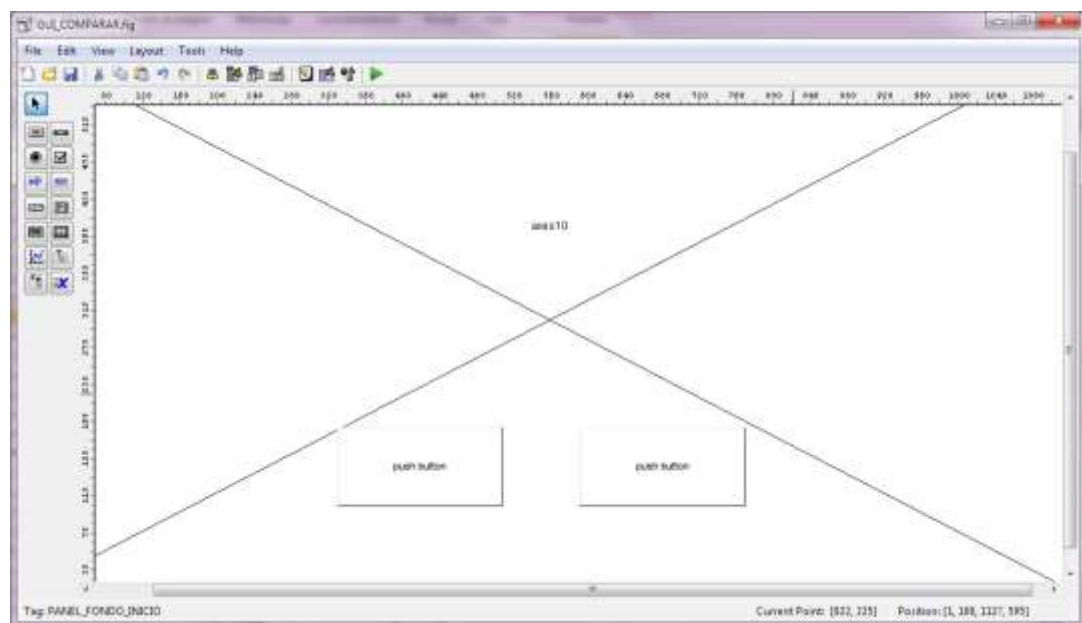


Figura 24: Componentes de la ventana de inicio del comparador.

Mediante el inspector de propiedades se ha hecho posible que la ventana sea de tamaño variable habilitando la propiedad *resizable* y utilizando unidades normalizadas para todos los componentes.

6.3.4.4. Imagen de fondo

La imagen de fondo ha sido realizada con el programa *Photoshop CS5*.

Se empezó a realizar la portada partiendo de esta imagen:



Figura 25: Imagen fondo portada comparador.

Se eligió esta imagen porque presenta una onda oscilando que simboliza un sonido. Su fondo de cuadraditos evoca a su vez la representación que se hará de las sala en 3D, donde cada butaca de las mismas está pintada como un cuadradito.

Se cambió de tamaño a la imagen para que tuviese las mismas dimensiones que la pantalla de inicio y se modificó su brillo y contraste para que el texto que se insertase posteriormente se viera con mayor claridad.



Figura 26: Imagen fondo portada comparador modificada.

Después, se añadieron los textos de la carrera y el nombre del autor de color rojo y negro respectivamente para que coincidieran con los colores del logotipo de la universidad y se diese más sensación de conjunto.

Se colocaron en la parte superior izquierda de la imagen para no quitarle protagonismo. Se añadió el logotipo de la universidad en la parte superior derecha donde el fondo de la imagen es más blanco para que se viese bien sin molestar:



Figura 27: Imagen fondo portada comparador con texto

En el centro de la imagen, en letras más grandes se puso el título de la herramienta.



Figura 28: Imagen fondo portada comparador con texto y título.

Se superpuso un motivo de fondo a las letras (acoplándose a su contorno) de cuadraditos de colores que resaltan sobre los del fondo azul y simulan la representación 3D del recinto en la que las posiciones de las butacas se pintan de colores, según el valor del parámetro acústico medido, formando la silueta de sala.



Figura 29: Motivo de superposición.

Por último se le dieron efectos de bisel y relieve para que resaltase más obteniéndose la imagen final:



Figura 30: Imagen fondo portada comparador final.

6.3.5. Diseño pantallas secundarias

En este apartado se habla de las pantallas a las que conducen los botones de la pantalla de inicio. Las dos son exactamente iguales para mantener la coherencia del conjunto de la herramienta creada.

6.3.5.1. Descripción

En estas pantallas se realiza la comparación de los archivos procedentes de *ODEON*.

Consta de varios bloques diferenciados por colores, remarcados dentro de distintos paneles y muy fácilmente identificables gracias a sus títulos.

El primer bloque es el bloque de selección y ejecución:

Se sitúa en la parte derecha de la interfaz. Se titula selección. No ocupa demasiado tamaño para dejar espacio a los resultados, pero si se puede ver claramente qué información se selecciona.

Consta de varios tipos de compontes, los cuales están agrupados según sus funciones:

- Botones para cargar archivo.
- Botones de selección: parámetro/frecuencia.
- Botones de ejecución: comparar/diferencia.
- Botón de selección: rango de representación diferencia en jnd.
- Botón volver al inicio.

El segundo bloque es el bloque de comparación:

Se sitúa en el centro de la interfaz ya que proporcionan resultados gráficos que, de esta manera, pueden verse de manera óptima. Consta de dos paneles, titulados SALA 1 Y SALA 2, de igual tamaño pero distinto color para que se distingan mejor.

En estos paneles estarán contenidas 2 gráficas una debajo de otra.

En la gráfica de la parte superior se visualizará, cuando se ejecute la comparación, la sala en 3D con colores distintos en cada posición representada según el valor que tenga el parámetro acústico representado en ese lugar.

En la gráfica de la parte inferior se visualizará, cuando se ejecute la comparación, una gráfica de los valores del parámetro acústico frente a sus frecuencias acumuladas, su media y sus percentiles Q1 y Q3.

Entre los dos paneles de las salas, aparece, bajo el título salas1-2, una barra de colores a modo de leyenda de los valores del parámetro acústico en las distintas posiciones de la sala.

El tercer bloque es el bloque de diferencias jnd:

Se sitúa en la parte izquierda de la interfaz y está pintado de color amarillo. Se titula diferencias jnd. Su tamaño es similar a los paneles que contienen las gráficas de las salas.

Al igual que pasaba con los paneles de las salas también contiene 2 gráficas una debajo de otra. En la gráfica de la parte superior, se visualizará la sala en 3D donde cada posición representará las diferencias de los valores del parámetro acústico en ese punto dadas en jnd.

En la gráfica de la parte inferior, se visualizará una gráfica de los valores de las diferencias en jnd frente a sus frecuencias acumuladas, su media y sus percentiles Q1 y Q3.

Entre los bloques de representación de la sala 2 y el de diferencias en jnd se muestra una leyenda de los colores para los valores jnd. Está titulada como jnd para evitar confusiones con la otra leyenda y separada del panel de la sala por una línea gris.

El cuarto bloque es el bloque del error cometido:

Este bloque se sitúa debajo del bloque de diferencias jnd y está pintado de color azul. En él aparecen los valores de los errores medios cometidos del ajuste entre salas junto a sus respectivas fórmulas vistas en el [capítulo 4.2.4](#).

Además de estos cuatro bloques, en la parte superior de la interfaz aparece también una barra de herramientas gráficas, junto con el icono de impresión.

6.3.5.2. Aspecto final

Este será el aspecto final de la interfaz gráfica del comparador para cualquiera de las dos versiones es esta:

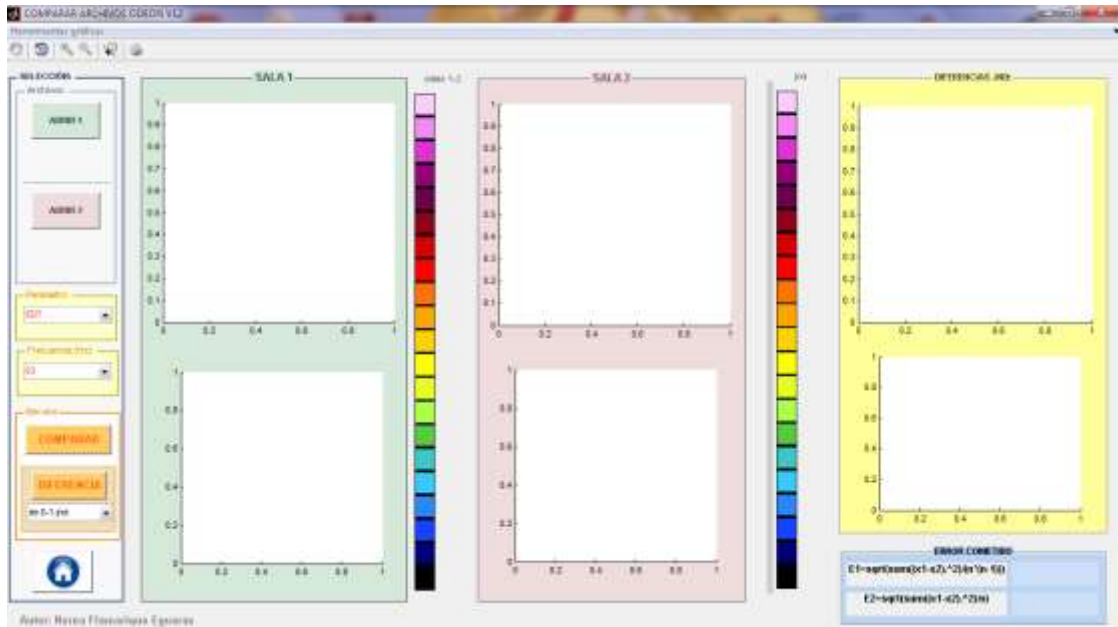


Figura 31: Aspecto final de la interfaz de la ventana del comparador.

6.3.5.3. Componentes utilizados

Para su creación se han empleado los siguientes componentes sobre el panel de fondo:

- 8 axes. 6 de los cuales mostrarán las gráficas anteriormente descritas; 2 de los cuales mostrarán las imágenes de las leyendas de colores
- 5 pulsadores. 2 servirán para realizar la carga de archivos; otros 2 para ejecutar la función de comparación de salas y la función de diferencia entre salas; y uno para volver a la ventana de inicio de la herramienta creada, en el cual se ha insertado la típica imagen de la casita para hacerlo más intuitivo.
- 51 textos estáticos. 2 para mostrar el nombre de los archivos seleccionados; 4 para mostrar los valores del error calculado junto sus respectivas fórmulas; otro para mostrar el nombre del autor; y 22 en cada una de las leyendas para mostrar los límites entre colores.
- 3 pop-up menús. Uno para seleccionar uno de los parámetros disponible; otro para seleccionar la frecuencia; y otro para seleccionar el rango de jnd en la representación de las diferencias.
- Se han usado distintos paneles con sus correspondientes títulos para agrupar los botones según la distribución descrita y facilitar la comprensión al usuario.

Esta es la distribución de componentes en el área de trabajo de la figura creada en GUIDE:

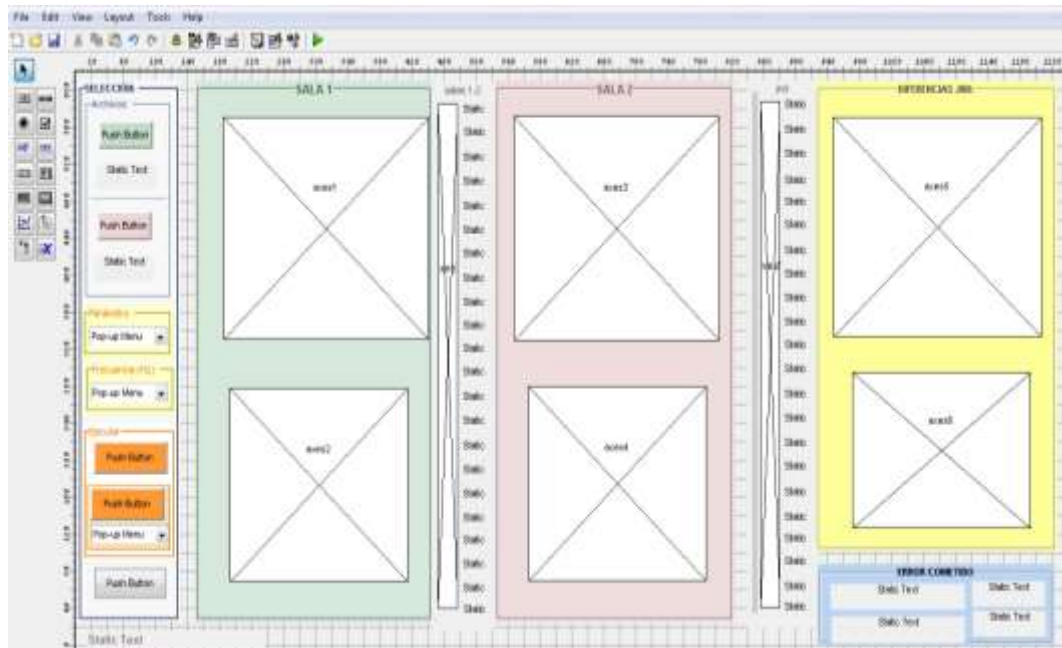








Figura 32: Componentes de la ventana del comparador.

Para que tengan el mismo aspecto que el diseño final se han modificado las propiedades de estos componentes mediante el inspector de propiedades:

- La plantilla de fondo ha sido habilitada para el cambio de tamaño, así como los componentes que están situados en ella. Para que funcione correctamente el cambio de tamaño, las unidades de los objetos están normalizadas.
- Para que aparezcan los nombres de los botones y textos igual que en el aspecto final se ha modificado la propiedad *string* de cada uno. Algunos de ellos se presentarán como no visibles.
- Se ha cambiado el color de fondo para que sean más sencillo discriminar las distintas partes de la interfaz y tenga un aspecto más agradable.
- Se han modificado las propiedades de impresión de la plantilla de fondo para que la imagen cuando se quiera imprimir la pantalla quepa en el área de impresión.

6.3.5.4. Herramientas comparador

En la parte superior de la interfaz se encuentra una barra de herramientas para gráficos en la que aparecen:

-  **Pan:** mueve el gráfico.
-  **Rotar 3D:** gira el gráfico en las 3 dimensiones y permite verlo desde la posición que se desee.
-  **Zoom In:** acerca la imagen.
-  **Zoom out:** aleja la imagen.
-  **Cursor de datos:** muestra el valor de un punto del gráfico.
-  **Imprimir:** dirige al usuario a la pantalla de impresión.

Esta es la **pantalla de impresión**:

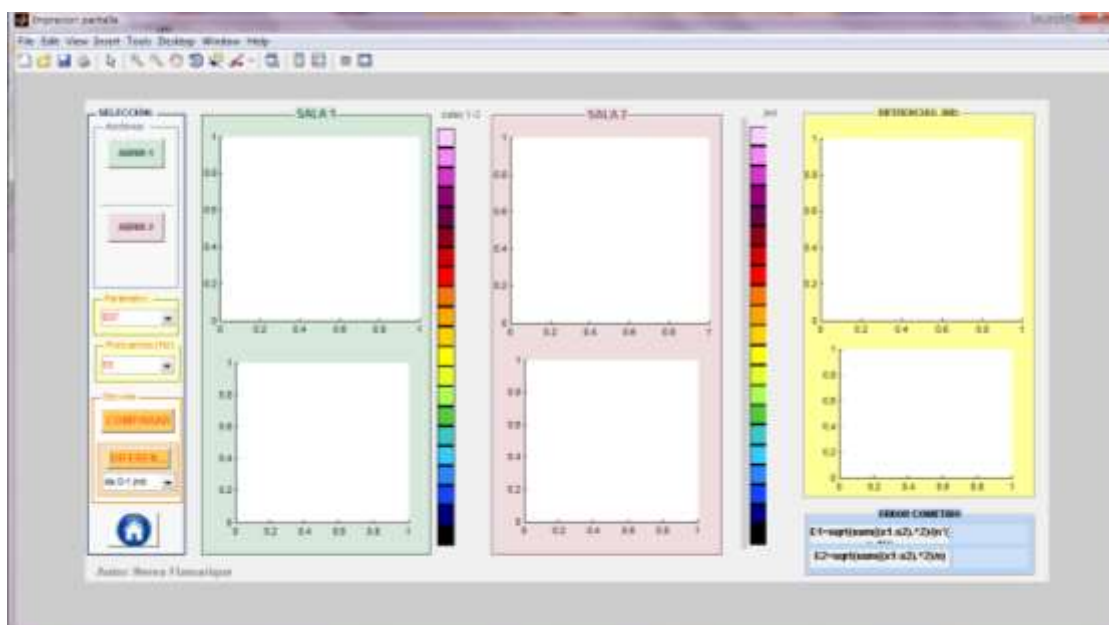


Figura 33: Pantalla de impresión.

En la pantalla de impresión aparecen varios menús conocidos con los que, además de poder guardar la imagen de la pantalla en el momento de presionar el *botón imprimir*, permiten imprimir la imagen, editarla, etc.

Para colocar la barra de herramientas desde el archivo *.fig creado, que contiene todos los componentes, se selecciona el menú *Tools* y de las opciones que se despliegan se elige *toolbar editor*. Aparece esta ventana en la que se pueden escoger las herramientas que se desea tener en la GUI.

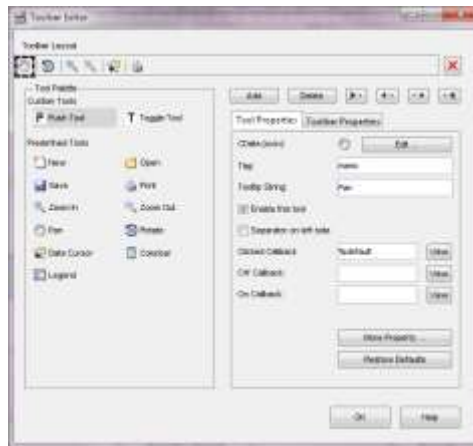


Figura 34: Asistente para la creación de barras de herramientas.

Se tomó la decisión de incorporar solo herramientas que puedan ser de utilidad para esta aplicación.

Se ha decidido no incluir entre ellas la *herramienta save* ya que desde la herramienta *impresión pantalla*, que sí ha sido incluida, puede guardarse directamente la imagen que va a ser imprimida cuando se accede a la pantalla de impresión.

Las herramientas han sido ordenadas por orden de utilidad y separadas mediante líneas negras.

Para finalizar, se ha puesto un título (Herramientas gráficas) encima de la barra de herramientas. Para ello se ha accedido al editor de menús (Tools → Menu Editor):

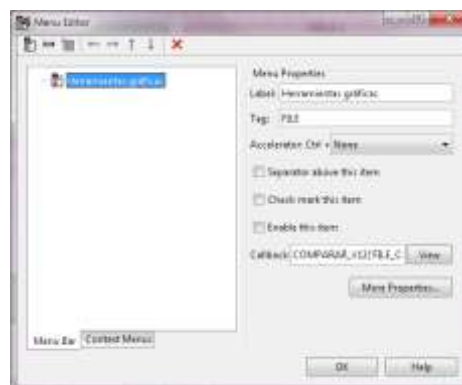


Figura 35: Asistente para la edición de menús.

En esta ventana a la que se accede, se ha creado el menú titulado herramienta gráficas y se ha desactivado la casilla *Enable this item*, para que no puede ser seleccionada ya que lo que se desea es que aparezca solo a modo de título encima de las herramientas.

6.4. INTRODUCCIÓN PROGRAMACION GUI

Para que todos los botones contenidos en el archivo *.fig funcionen y realicen las acciones correspondientes a cada uno de ellos, deben ser programadas sus funciones de llamada *callback*.

Esta programación “interna” de la GUI, será una adaptación de las funciones explicadas en el capítulo 5, pero adecuadas a la forma de adquisición y presentación de datos particular de la GUI. Se explicarán estas peculiaridades en el apartado 6.7.

6.5. PROGRAMACION CALLBACK'S OBJETOS

Se describirá brevemente la programación de las callback's de los objetos (botones y pop-up menús) de la pantalla de comparación de archivos procedentes de *ODEON 11* y la de la pantalla de comparación de archivos procedentes de *ODEON 12*.

Como ambas pantallas son iguales para las dos versiones sus funciones callback's también realizan, como es lógico, las mismas acciones al pulsar los botones en los dos casos.

La única diferencia de programación entre ambas versiones es que estas funciones callback's a su vez llamarán a las funciones descritas en el Capítulo 5, de las cuales algunas sí estaban adaptadas a cada una de las distintas versiones.

6.5.1. Condiciones iniciales

Acciones que se producen nada más ejecutarse las pantallas de inicio de las GUI'S para la versión 11 y 12.

(function COMPARAR_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)):

- Posicionamiento de la ventana en el centro de la pantalla.
- Cargar imagen en el *botón volver* a la ventana inicial.
- Cargar las imágenes de las leyendas de colores de las posiciones que se representa en las imágenes 3D.
- Cargar imagen formula error.
- Inicialización de variables con valores por defecto.

6.5.1.1. Posicionamiento de la ventana

Procedimiento:

- Se toman las medidas de la pantalla del ordenador (x,y)
- Se resta la posición x de la pantalla con las de la ventana de la GUI (xr)
- Se calcula la mitad de esa resta de coordenadas x. (xp)
- Se resta la posición y de la pantalla con las de la ventana de la GUI (yr)
- Se calcula la mitad de esa resta de coordenadas y. (yp)
- Posicionamos la ventana en las nuevas coordenadas:

```
set(gcf,'Position',[xp yp anchura altura]);
```

6.5.1.2. Carga imágenes

Procedimiento:

- Se carga la imagen que se va a colocar mediante la función de MATLAB *imread*.
- Se habilita el axes correspondiente.
- Se muestra la imagen en ese axes, mediante la función *imshow*.
- se desactivan los ejes de coordenadas.

6.5.1.3. Inicialización variables

Se asignan los siguientes valores por defecto:

- Direc1=0 (dirección inicial archivo 1) → no se ha seleccionado ningún archivo aun.
- Direc2=0 (dirección inicial archivo 2) → no se ha seleccionado ningún archivo aun.
- C=1, (columna de la matriz *datos*) → frecuencia inicial 63Hz.
- Param=EDT (parámetro de la matriz *datos*) → Parámetro inicial EDT
- Parametro1=0 (Valores matriz *Parametro*) → no se ha realizado aún ninguna comparación entre salas.
- Máximo=1 → Los valores de las sala diferencias se representarán entre 0-1 jnd por defecto, a no ser que el usuario modifique el rango de jnd a representar.
- Paso=0.05 → el incremento de los límites que separan un color de otro en la barra de colores jnd, será de 0.05 por defecto, ya que el máximo jnd a dibujar sin seleccionar nada es 1 y existen 20 colores distintos.

6.5.2. Cerrar ventana

La función de llamada al botón cerrar ventana (aspa roja situada en la parte superior derecha de la ventana) es:

```
function PANEL_FONDO_CloseRequestFcn(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:

 Al pulsar este botón aparece un cuadro de diálogo como este:

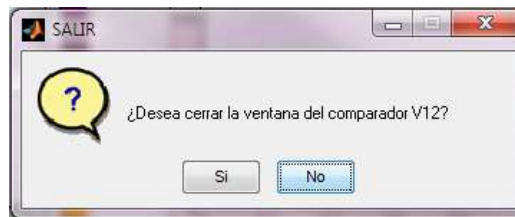


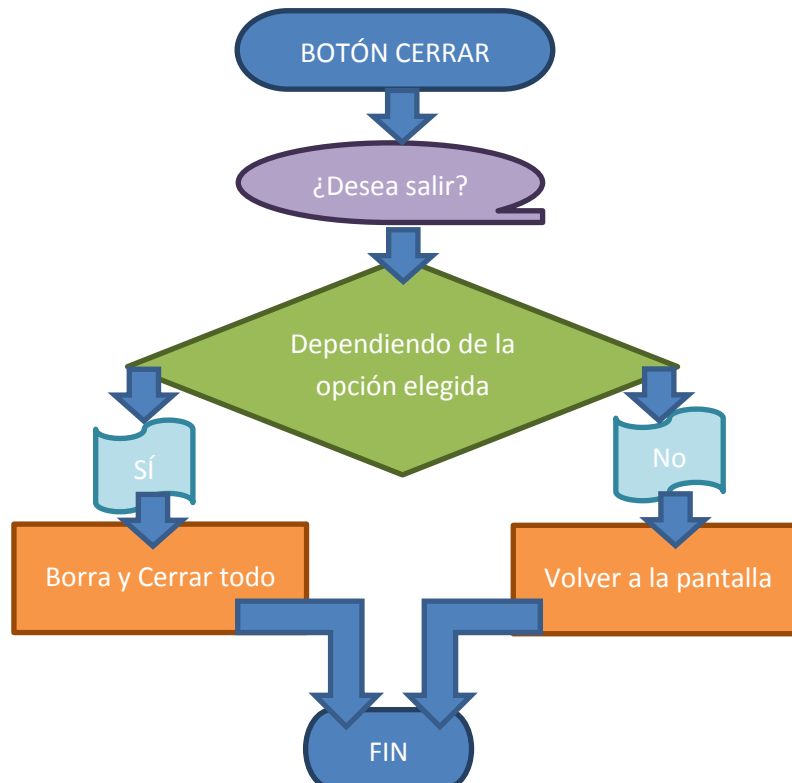
Figura 36: Cuadro de dialogo salir.

Se puede apreciar que la respuesta no está marcada por defecto por si acaso el botón es presionado sin querer.

Si se selecciona la opción NO, se devolverá el control de la pantalla.

Si se elige la opción SÍ, se terminará la ejecución del programa.

Diagrama de flujo:

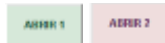


6.5.3. Abrir

La función de llamada los botones Abrir 1 y Abrir 2 será:

```
function ABRIR_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:



Al pulsar cualquiera de estos botones aparece un cuadro de diálogo como este:



Figura 37: Ventana selección archivo.

En esta ventana puede seleccionarse el archivo que se desea abrir. Se podrá seleccionar entre archivos *.txt y archivos de Excel. Una vez seleccionado se guardará la **dirección** del archivo y se mostrara en un *static text* de la GUI su nombre.

Si no se selecciona ningún archivo aparecerá un mensaje avisando de ello:

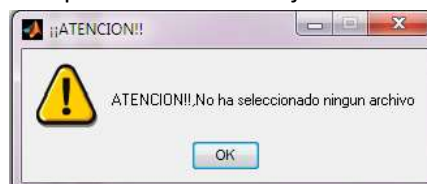


Figura 38: Cuadro de dialogo atención por la no selección de archivos.

Si el archivo no se ha escrito bien aparecerá otro mensaje que advierte de esta situación:

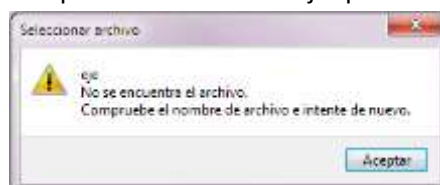


Figura 39: Cuadro de dialogo atención por errores en la escritura del archivo a buscar.

Si el archivo no tiene una extensión conocida (*.txt/*.xls/*.xlsx) por el programa:

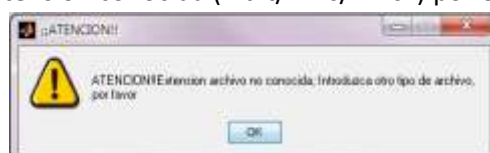
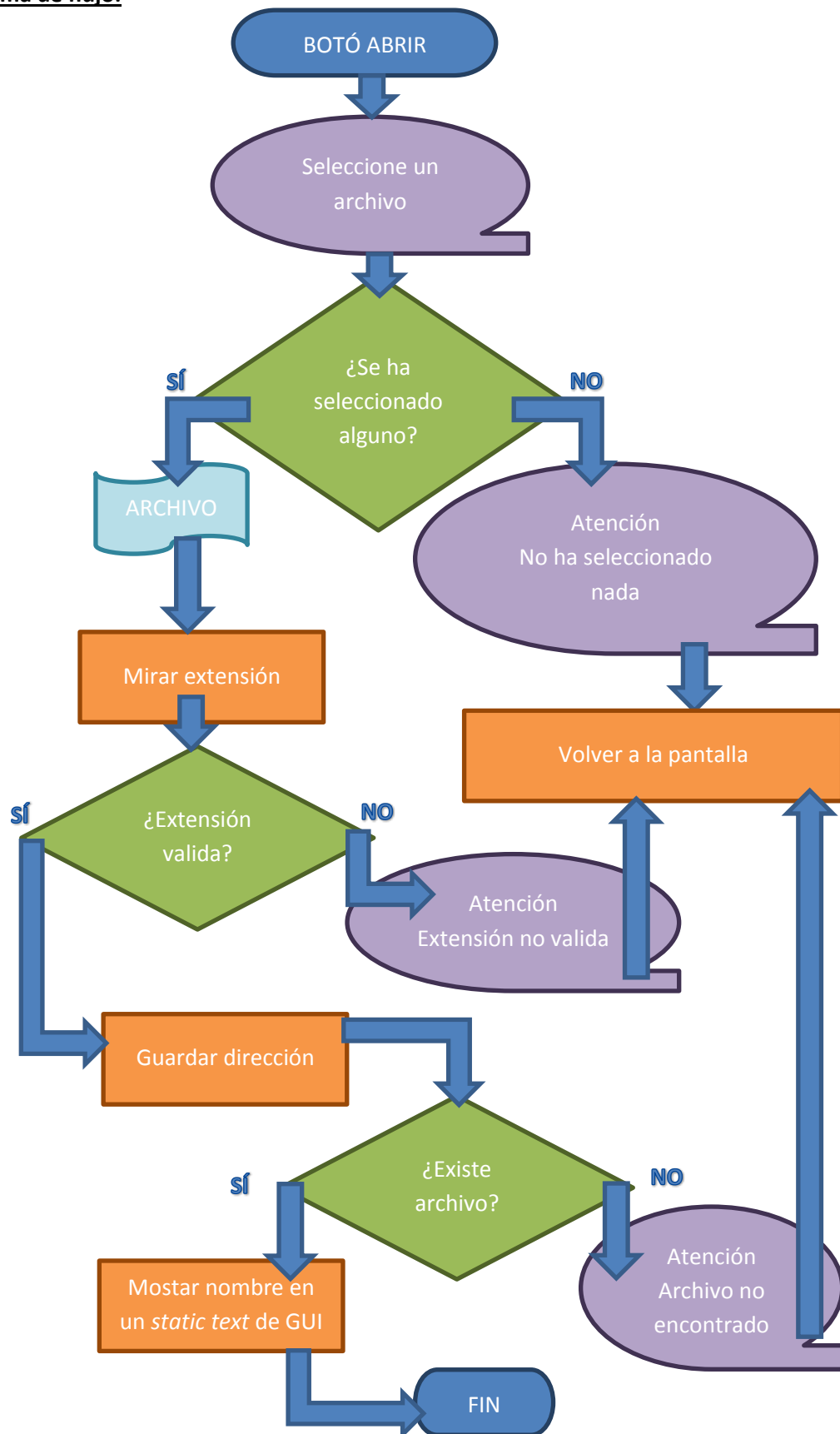


Figura 40: Cuadro de dialogo atención por extensión no conocida.

Diagrama de flujo:

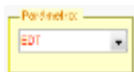


6.5.4. Parámetro

La función de llamada del pop-up menu que selecciona el parámetro es:

```
function PARAMETRO_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:



Al pulsar sobre el *pop-up menú* se despliegan los distintos parámetros acústicos que pueden ser seleccionados. En la versión 11 en número de parámetros a seleccionar es mucho menor que en la versión 12 como se puede comprobar:

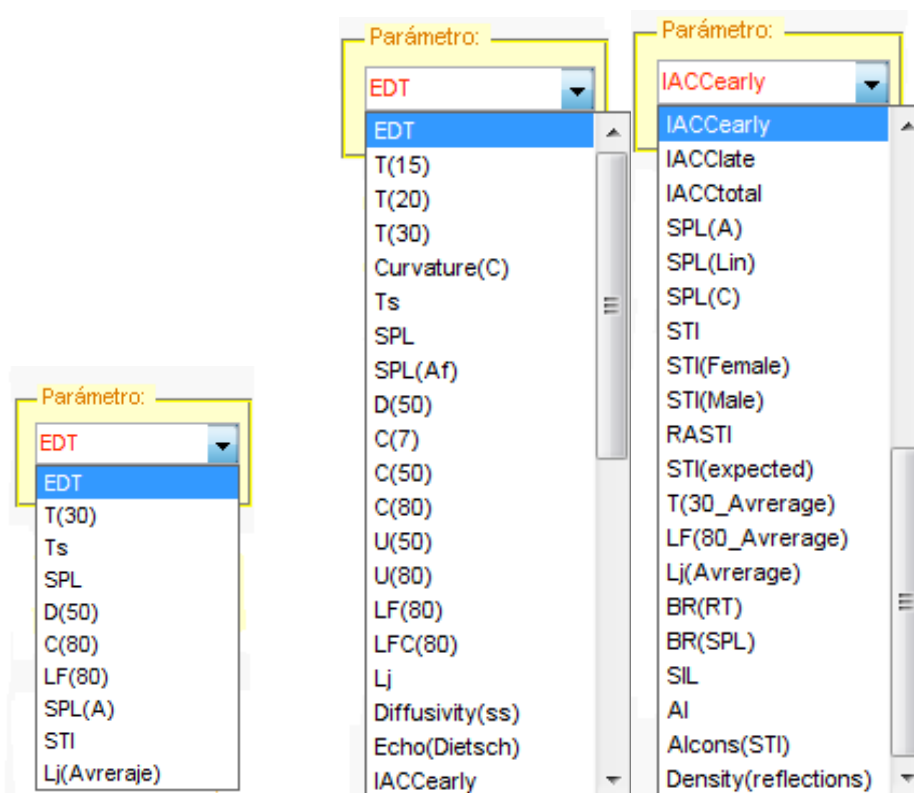


Figura 41: Pop-up menús selección parámetros acústicos versión 11 (izquierda) y versión 12 (derecha)

Cuando se selecciona un parámetro automáticamente se guarda su *string* en la variable **param**.

Dependiendo del parámetro elegido, posteriormente se podrá elegir una frecuencia en el otro *pop-up menú* de la GUI, excepto para parámetros cuyo resultado no se da en una banda de frecuencia en concreto sino que su cálculo depende de varias de ellas como: SPL(A), SPL (Lin), SPL(C), STI, STI(Female), STI(Male), RASTI, STI(expected), T(30_avrerage), Lj(avrerage), BR (SPL), SIL, AI, Alcons (STI) y Density (reflections) .

En estos casos, en el *pop-up menú* de frecuencias aparece la opción no disponible. Ejemplo:

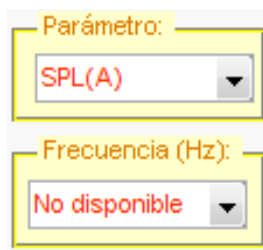


Figura 42: Pop-up menús de frecuencia en los parámetros acústicos no dependientes de una sola banda.

Si en el archivo procedente de *ODEON*, se ha decidido no calcular todos los parámetros acústicos para la versión 12, el archivo de salida *ODEON* no dispondrá de información de algunos de los parámetros acústicos que pueden ser seleccionados en el pop-up menú de la GUI del comparador.

En este otro caso, el programa informará de ello mediante un mensaje y pedirá al usuario que introduzca otro parámetro acústico:

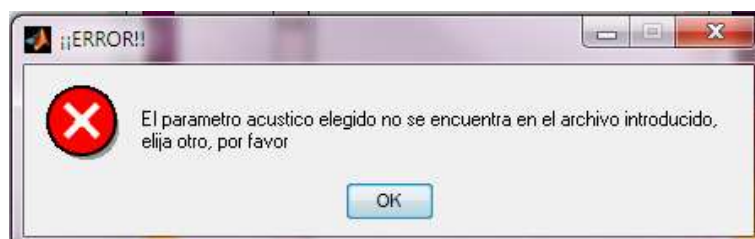
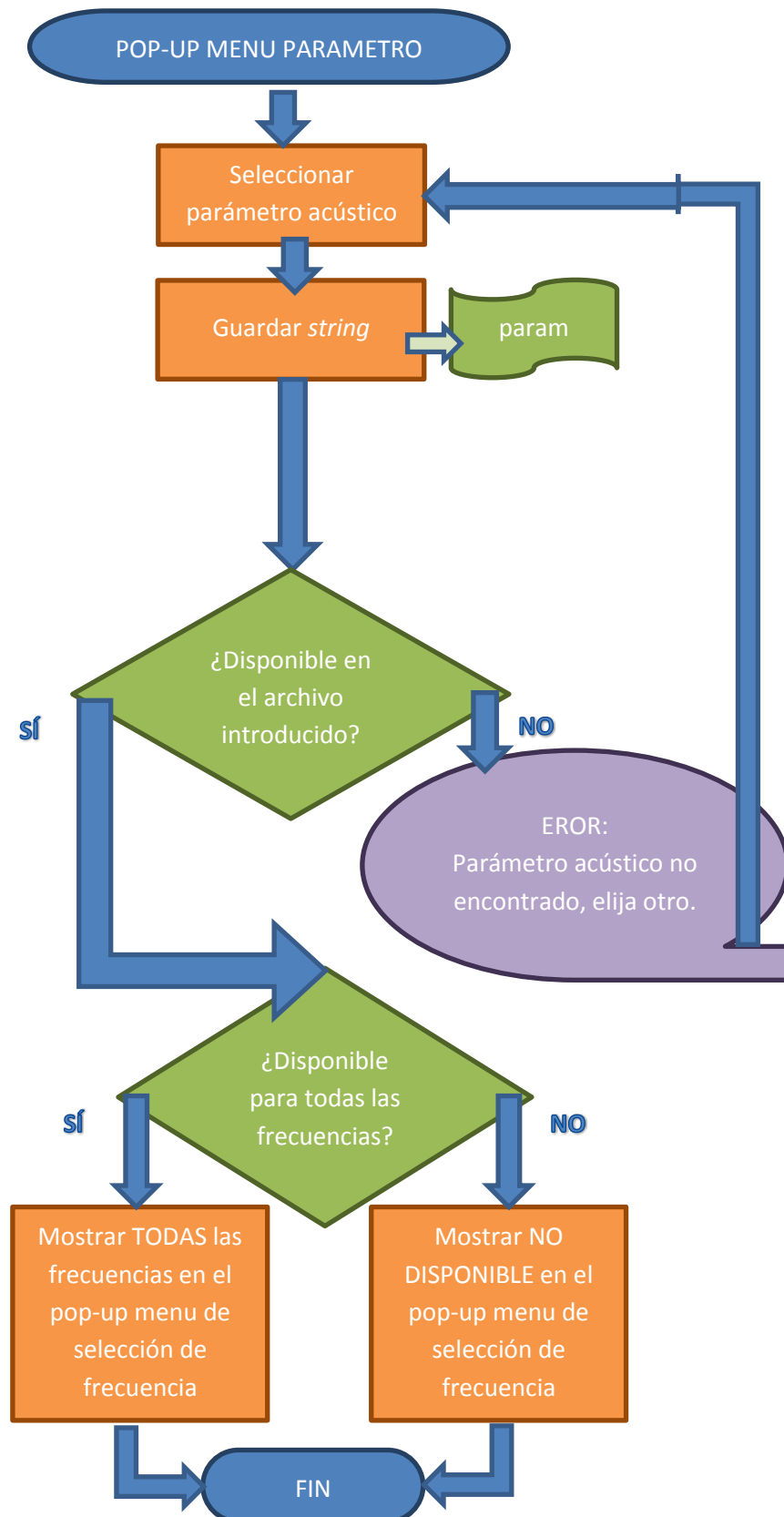


Figura 43: Mensaje error parámetro acústico elegido no encontrado.

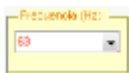
Diagrama de flujo:

6.5.5. Frecuencia

La función de llamada del *pop-up menú* que selecciona el parámetro es:

```
function FRECUENCIA_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:



Al pulsar sobre el *pop-up menú* se despliegan las distintas bandas de frecuencia que pueden ser escogidas. Como se ha dicho en el apartado anterior, si en el *pop-up menú* de selección de parámetros se ha optado por uno cuyas medidas no se dan en una determinada banda de frecuencia aparecerá una sola opción en el menú de selección de frecuencias en la que pondrá “No disponible”.

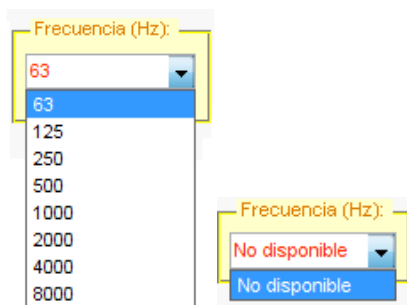
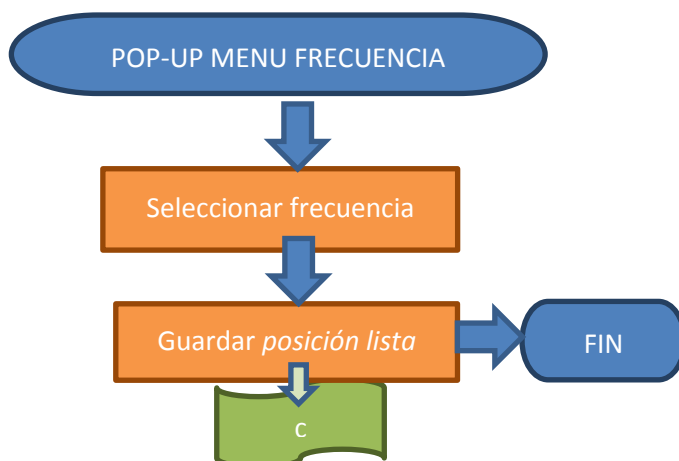


Figura 44: Pop-up menús frecuencias disponibles.

Cuando se selecciona una de estas frecuencias se almacena en la variable *c*, el valor de la posición que ocupan en la lista.

63Hz/ No disponible	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
C=1	C=2	C=3	C=4	C=5	C=6	C=7	C=8

Diagrama de flujo:



6.5.6. Comparar

La función de llamada del botón COMPARAR es:

```
function COMPARAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:

COMPARAR Al pulsar este botón se realizan una serie de operaciones internas que se describe más adelante y como resultado de las mismas se muestran las gráficas:

- La gráfica en 3D de las salas a comparar, en donde cada valor del parámetro acústico en un punto se pinta de un color dependiendo dentro de qué límites se halle.
- La gráfica estadística de los valores del parámetro acústico frente a sus frecuencias acumulada en porcentaje, con su media y percentiles.

Puede verse un ejemplo de estas gráficas en los apartados 4.2.1 y 4.2.2 de este documento.

Si al pulsar el botón comparar no se han seleccionado previamente los **dos archivos** que se quiere comparar aparecerá un mensaje como este:



Figura 45: Mensaje error por no introducir 2 archivos.

Si todo es correcto el programa empezará a realizar una serie de operaciones internas que le pueden llevar unos minutos antes de mostrar las gráficas. Para que el usuario sepa que el programa está en funcionamiento pero que tendrá que esperar a los resultados se le muestra este mensaje:



Figura 46: Mensaje espera tiempo de cálculo.

Finalmente, cuando esta herramienta termina la ejecución las funciones que tiene programadas aparece otro mensaje notificando de su finalización:

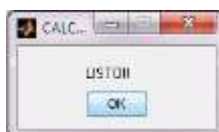


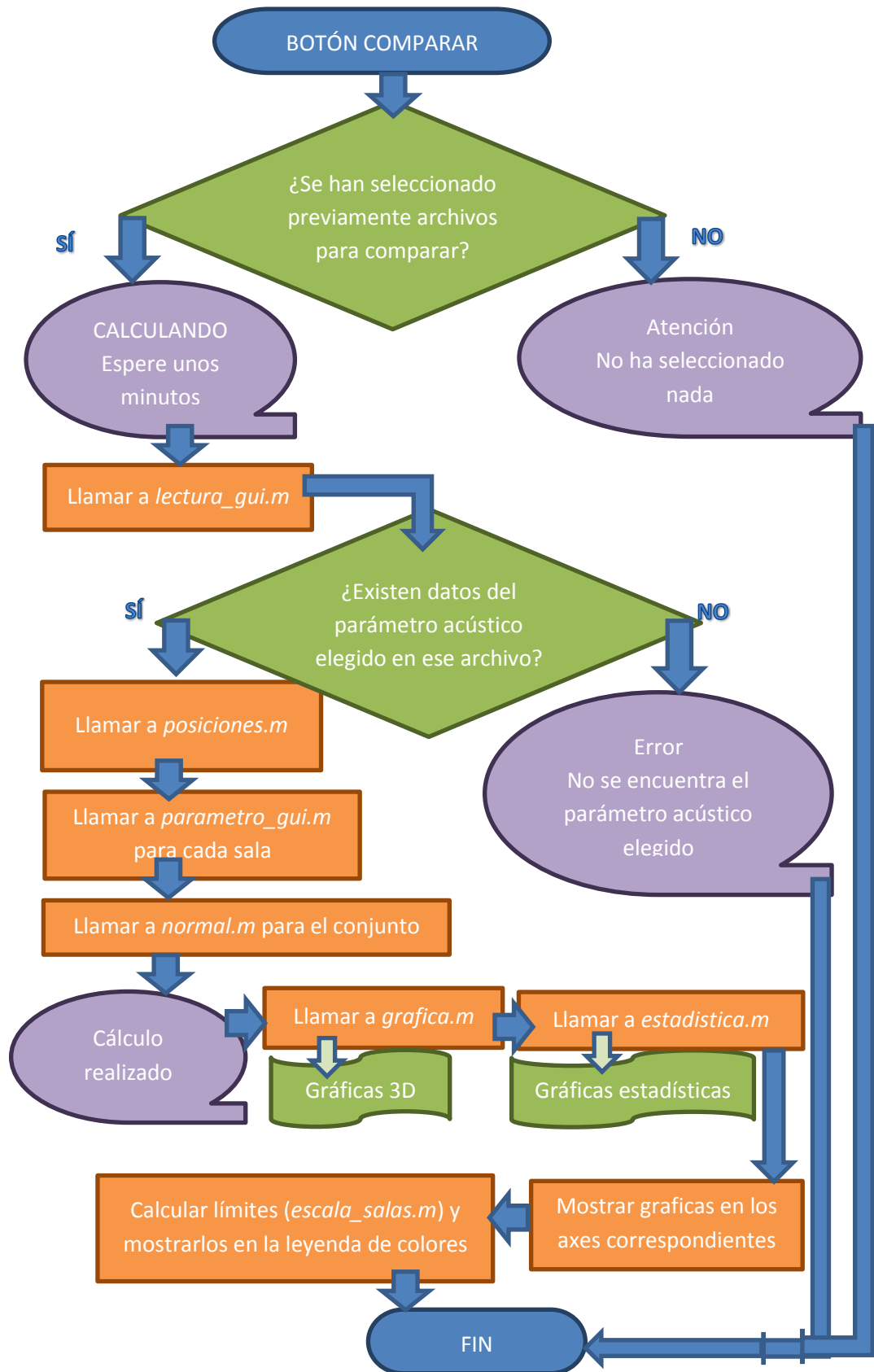
Figura 47: Mensaje finalización cálculo

Y poco después van apareciendo las gráficas en la pantalla de la GUI.

Internamente lo que sucede es lo siguiente:

- Primero se **borra de los axes** las posibles gráficas que pueda haber y los valores que delimitan los colores de la barra que hace de leyenda.
- Después se **comprueba** que el usuario haya introducido los **archivos** a comparar. Si no lo ha hecho se mandan los mensajes de error.
- Si todo está bien, se muestra un **mensaje** en pantalla para informar al usuario de que se está realizando la comparación.
- Se lee la información de las direcciones adquiridas con el botón archivo, mediante la correspondiente **función de lectura_gui.m** que será llamada dos veces (*que es la adaptación a la GUI de lectura.m*) y se almacena los datos de salida.
- Se **comprueba que el parámetro acústico** del que se están pidiendo los cálculos **esté** en el **archivo** introducido. Si no está se muestra un mensaje de error y se deja de calcular, sino se sigue operando.
- Se calculan las posiciones mediante la **función posiciones.m** y se almacena los datos de salida.
- Se **calculan los datos**, según el parámetro y la frecuencia seleccionada en los *pop-up* **menús** destinados a ello, para cada una de las salas.
Para ello se llama a la **función Parametro.m** dos veces (*que es la adaptación a la GUI de la función parametro.m*) y se almacena los datos de salida.
- Se crea una **matriz común** con los datos **de las dos salas y se normaliza respecto al máximo común** con la **función normal.m** y así poder dibujar los datos a color con valores entre 0-1, y almacenándose los datos de salida de la normalización por separado para cada sala.
- Realizadas estas operaciones se avisa al usuario y se comienza a dibujar en los **axes** correspondientes.
Para ello se habilitan primero y después se llama a las funciones **grafica.m** y **estadistica.m**
Los datos de salida vuelven a almacenarse.
- Finalmente, **se calculan los límites reales de la leyenda de colores de las salas mediante la función escala_salas.m** (ver apartado 6.7.1) y se muestran al lado de la barra. Hay que recordar que el límite máximo será el máximo real de las dos salas y el resto de valores también son calculados respecto al conjunto. Los valores $-\infty$ se pintan siempre de negro.

Diagrama de flujo:



Internamente lo que sucede es lo siguiente:

- **Se comprueba** que el usuario haya realizado primero una **comparación**. Si no lo ha hecho se mandan un mensaje de error.
- Si todo está bien, se comienza a llamar a las funciones necesarias.
- Se lee calculan las diferencias en jnd, para ello se llama a **dif_jnd.m** y se almacenan los datos de salida.
- se comienza a dibujar en los *axes* correspondientes. Para ello se habilitan primero los axes y después se llama a las funciones **grafica.m** y **estadistica.m**. Los datos de salida vuelven a almacenarse.

Hay que tener en cuenta que se graficará utilizando la escala de jnd seleccionada en el *pop-up menú* destinado a ello que se encuentra situado debajo del *botón diferencia*.

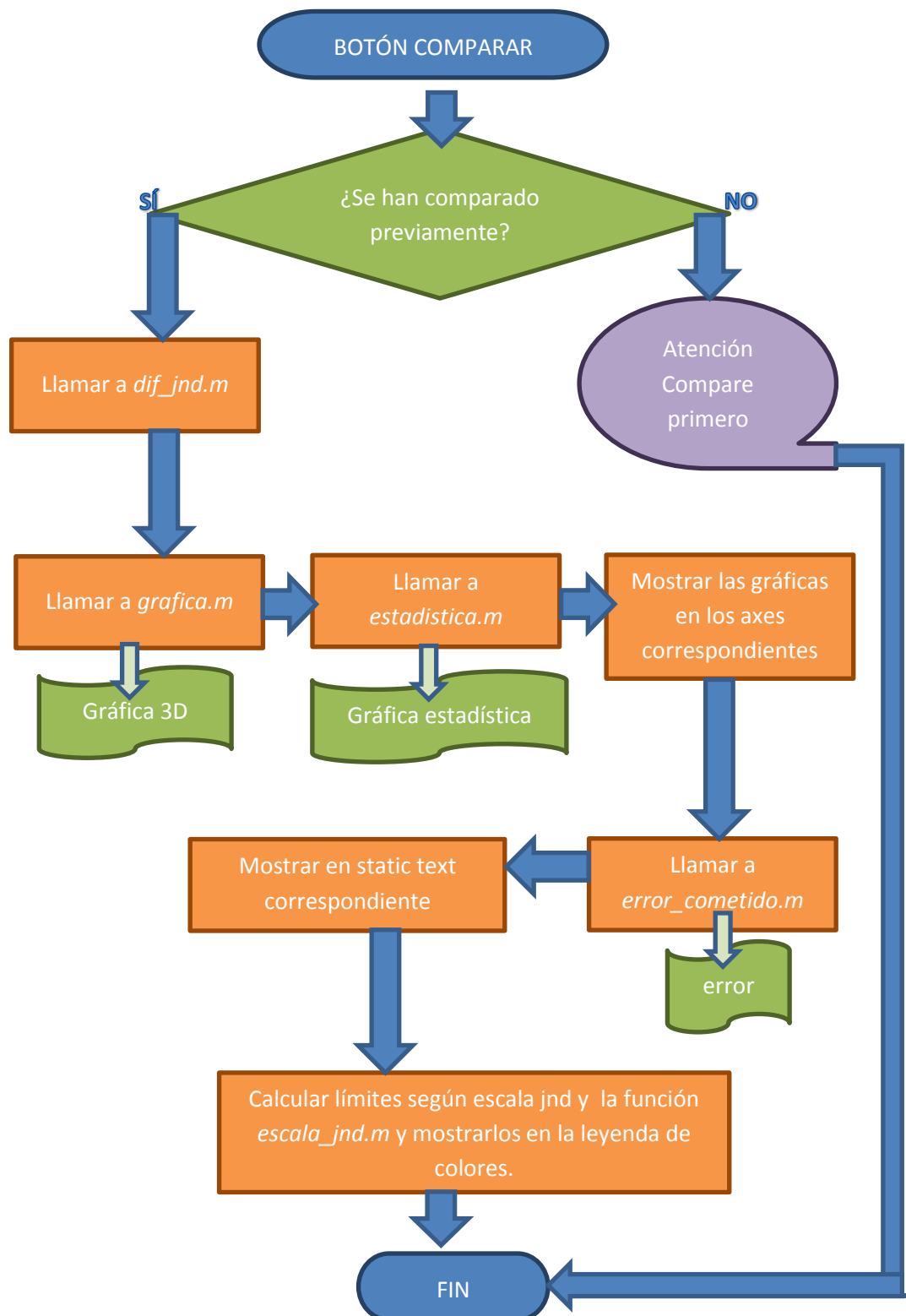
Según el rango seleccionado, empezando siempre desde 0, el máximo jnd representado cambiará.

Si no se selecciona nada, por defecto se representa la diferencia en escala de 0 a 1 jnd.

- Se calcula el error de ajuste, llamando a **error_cometido.m** se muestra en los 2 *static text* destinados para ello y se almacenan los resultados.
- Finalmente, **se calculan los límites de la leyenda de colores según el rango elegido en el pop-up menu y mediante la función *escala_jnd.m*** (ver apartado 6.7.2) y se muestran al lado de la barra. El límite máximo será el máximo jnd elegido en la escala y el mínimo 0. Los valores $-\infty$ se pintan siempre de negro.

En el capítulo 6.5.8, que viene a continuación, se describe un poco más la programación del *pop-up menú* de selección de escala jnd del que se ha hablado en este capítulo.

Diagrama de flujo:

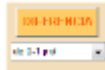


6.5.8. Pop-up escala jnd

La función de llamada del pop-up menu que selecciona el parámetro es:

```
function jndselec_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:



Al pulsar sobre el *pop-up menú*, que aparece debajo del *botón diferencia*, se despliegan las distintas escalas de representación de la diferencia en jnd que pueden ser seleccionadas:

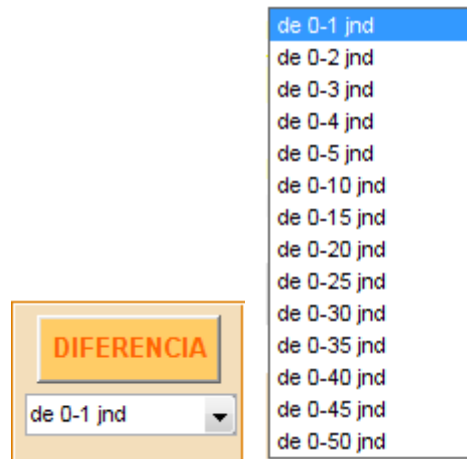


Figura 49: Botón diferencia y pop-up menú de selección de escala jnd.

Estas escalas delimitan hasta qué jnd máximo se van a representar los valores diferencia entre salas.

Lo que se consigue con esta selección es que los diferentes límites, que provocan que un valor de la sala se pinte de un color u otro, cambien.

De esta forma, la representación se puede ir ajustando la precisión de la escala para que la representación se muestre de forma más clara para el usuario.

Como siempre hay 20 colores distintos en la escala, sin contar con el negro que se usa exclusivamente para pintar los valores $-\infty$, se dividirá 20 entre el máximo de la escala jnd seleccionada y de esta manera se obtendrá el paso, empezando de 0, que irán aumentando los diferentes intervalos que delimitan los colores.

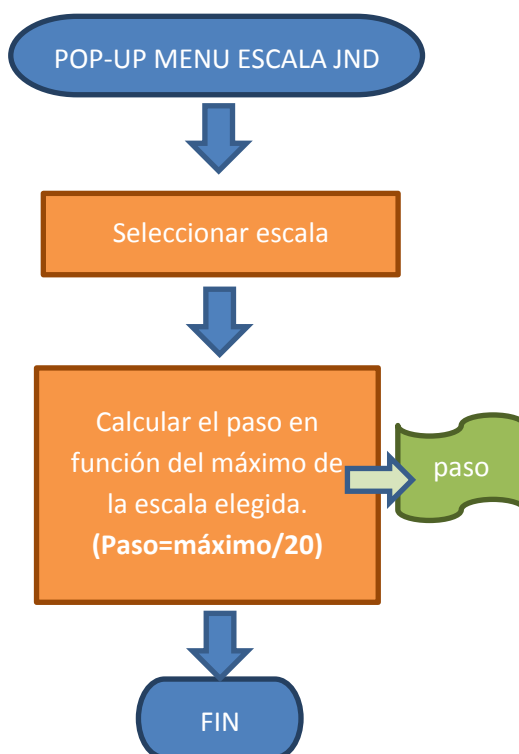
Por ejemplo, si se escoge escala de 0-5, el paso será de $20/5=0.25$, y por tanto todos los valores entre 0 y 0.25 se pintarán de un color, los de 0.25-0.50 de otro, y así sucesivamente.

Si existen valores de la diferencia en jnd superiores al máximo de la escala elegida, aparecerá un mensaje avisando al usuario de que hay valores fuera de la escala que no van a poder colorearse.



Figura 50: Mensaje aviso de que existen valores de la diferencia fuera de la escala de jnd elegida.

Diagrama de flujo:



6.5.9. Volver inicio

La función de llamada los botones Abrir 1 y Abrir 2 será:

```
function volver_inicio_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:

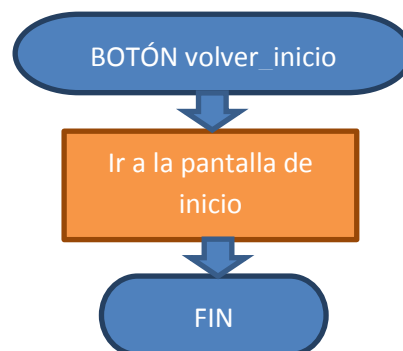


Al pulsar este botón se dirige al usuario directamente a la ventana de inicio.

Nota: aunque se vuelva al inicio la ventana queda abierta.

Si se quiere cerrarla se deberá pinchar en el aspa roja de la parte superior derecha de la pantalla como en el apartado 6.5.2.

Diagrama de flujo:



6.5.10. Imprimir

La función de llamada de este botón es:

```
function IMPRIMIR_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:



Al pulsar este botón:

Se realiza en ese momento una captura de la pantalla de la GUI y se abre la pantalla de impresión, donde se podrán realizar varias acciones además de imprimir, como, por ejemplo, guardar la imagen. (Ver pantalla impresión capítulo 6.3.5.4)

6.6. PROGRAMACIÓN VENTANA INICIO

Se programan 3 cosas:

- Condiciones iniciales
- Botón de cerrar ventana
- Los botones que llevan a las ventanas de comparación de archivos de *ODEON* para la versión 11 y para la versión 12.

Algunas de ellas no se explicarán porque son similares a las que se han programado para las ventanas de comparación.

6.6.1. Condiciones iniciales

Las acciones que se realizan nada más ejecutarse la pantalla de inicio son:

(function GUI_COMPARAR_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)):

- Posicionamiento de la ventana en el centro de la pantalla. (ver apartado 6.5.1.1)
- Cargar las imágenes (con el logotipo de *ODEON*) de los *botones para ir a las ventanas de comparación*.
- Cargar el fondo de pantalla.

Para la carga de las imágenes se realiza el mismo proceso que el del apartado 6.5.1.2.

6.6.2. Cerrar ventana

Ver el apartado 6.5.2 con el mismo título.

6.6.3. Botón inicio pantalla comparación (v11/v12)

La función de llamada los botones Abrir 1 y Abrir 2 será:

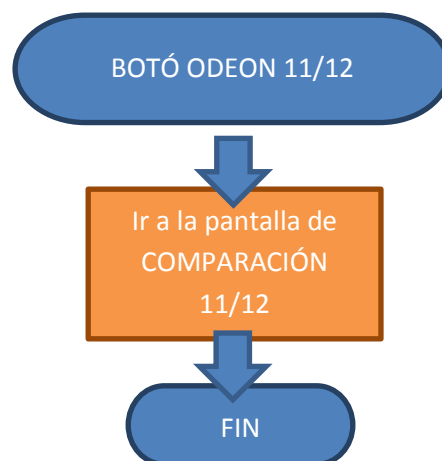
```
function inicio_v11/V12_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Descripción:



Al pulsar estos botones dirigen al usuario directamente a las pantallas de comparación de archivos procedentes de *ODEON versión 11* u *ODEON versión 12*.

Diagrama de flujo:



6.7. ADAPTACIÓN DE LAS FUNCIONES A LA GUI

Debido a que la forma de adquisición de datos en la GUI se hace a través de la elección de distintas opciones como la frecuencia y el parámetro en *pop-up menús*, y no a través de mensajes que piden al usuario que escriba estas opciones en pantalla como pasaba con la función *seleccion.m*, se ha eliminado esta función de la GUI puesto que no se necesita.

La función *lectura.m* cambia ligeramente en la GUI y se ha pasado a llamar *lectura_gui.m*.

Los cambios entre una función y otra se encuentran en que:

- En *lectura.m* al ejecutarse se utilizaba la función de *MATLAB disp*, que mostraba en la pantalla de comandos del mismo *MATLAB* una serie de mensajes para que el usuario introdujese por medio del teclado el nombre de la dirección donde se ubicaba el archivo.
- En *lectura_gui* ya no se pide que se introduzcan los archivos ya que esta parte de carga de archivos se realiza en la GUI de forma más cómoda a través de los botones ARCHIVO, por lo que ha sido eliminado el código que realizaba estas acciones.
- Otra diferencia es que los mensajes que antes se producían avisando de errores también han sido eliminados de la función *lectura_gui*, puesto que, al igual que antes, se avisa del estado de los archivos introducidos al ser cargados mediante los botones ARCHIVO. Además, estos avisos se visualizan con cajas de mensaje que aparecen en pantalla y no con texto en la ventana de comandos de *MATLAB*.

El resto de funciones permanecen iguales.

Se han creado especialmente para su uso en la GUI un par de funciones nuevas para visualizar los límites de las leyendas de colores tanto para las salas como para los jnd.

A continuación se describen brevemente estas dos nuevas funciones que aparecen en la GUI:

6.7.1. Función escala salas.

La función de llamada:

```
function  
[pmax,p95,p90,p85,p80,p75,p70,p65,p60,p55,p50,p45,p40,p35,p30,p25,p20,p15,p10,p5,pmin]  
= escala_param (Parametro1,Parametro2)
```

Parámetros de entrada y salida:

- **Entrada:** Parametro1, Parametro2, son las matrices con los datos de cada sala.
- **Salida:** valores que delimitan cada color (20 separaciones).

Descripción:

Esta función calcula los valores **reales de los límites de** la escala de colores que se utiliza como **leyenda de las gráficas de las salas 1 y 2.**

Estos límites se calcularán haciendo uso de los valores de ambas salas.

Los valores -inf quedan excluidos, se pintarán siempre de negro.

Se toma como:

- Límite máximo real, el máximo de las 2 salas.
- Límite mínimo real, el mínimo de las 2 salas.
- El resto son los límites reales de la barra de colores de las 2 salas se calcularán haciendo uso de esta fórmula:

$$\text{Límite_real} = (\text{límite_normalizado} * \text{rango}) - \Delta x$$

Ecuación 32: límites reales leyenda colores.

Esta fórmula viene de la fórmula de la normalización (ver 5.2.6.4). Pero despejando el valor real de los distintos intervalos entre 0-1 que delimitan los colores.

Dónde:

- Los 20 colores se seleccionarán dependiendo de qué valor tome el parámetro normalizado entre 0 y 1.

Como hay 20 colores y el máximo normalizado es 1, el **paso** será $1/20=0.05$, siendo los 20 distintos límites:

0.00- 0.05	0.05- 0.10	0.10- 0.15	0.15- 0.20	0.20- 0.25	0.25- 0.30	0.30- 0.35	0.35- 0.40	0.40- 0.45	0.45- 0.50
0.50- 0.55	0.55- 0.60	0.60- 0.65	0.65- 0.70	0.70- 0.75	0.75- 0.80	0.80- 0.85	0.85- 0.90	0.90- 0.95	0.95- 1.00

- Límite normalizado=paso*nº límite.

Por ejemplo, **el valor real del** tercer límite empezando del mínimo que es 0 será:

$$p10 = ((2 * \text{paso_barra}) * \text{rango}) - \Delta x \rightarrow p10 = ((2 * 0.05) * \text{rango}) - \Delta x \rightarrow p10 = 0.10 * \text{rango} - \Delta x$$

- Rango, es el valor (máximo-mínimo) sin normalizar de la matriz del conjunto de las dos salas.
- Δx , es el incremento (0-mínimo) sin normalizar de la matriz del conjunto de las dos salas)

Procedimiento:

Se crea una matriz conjunta con los valores del parámetro en ambas salas.

$$\text{Parametros} = [\text{Parametro1}; \text{Parametro2}];$$

Se calcula el valor mínimo de esta nueva matriz. Si el valor mínimo es $-\infty$ se sustituyen todos los valores $-\infty$ por NaN.

Para averiguar los valores reales de los límites utilizando la fórmula, se tendrán que calcular:

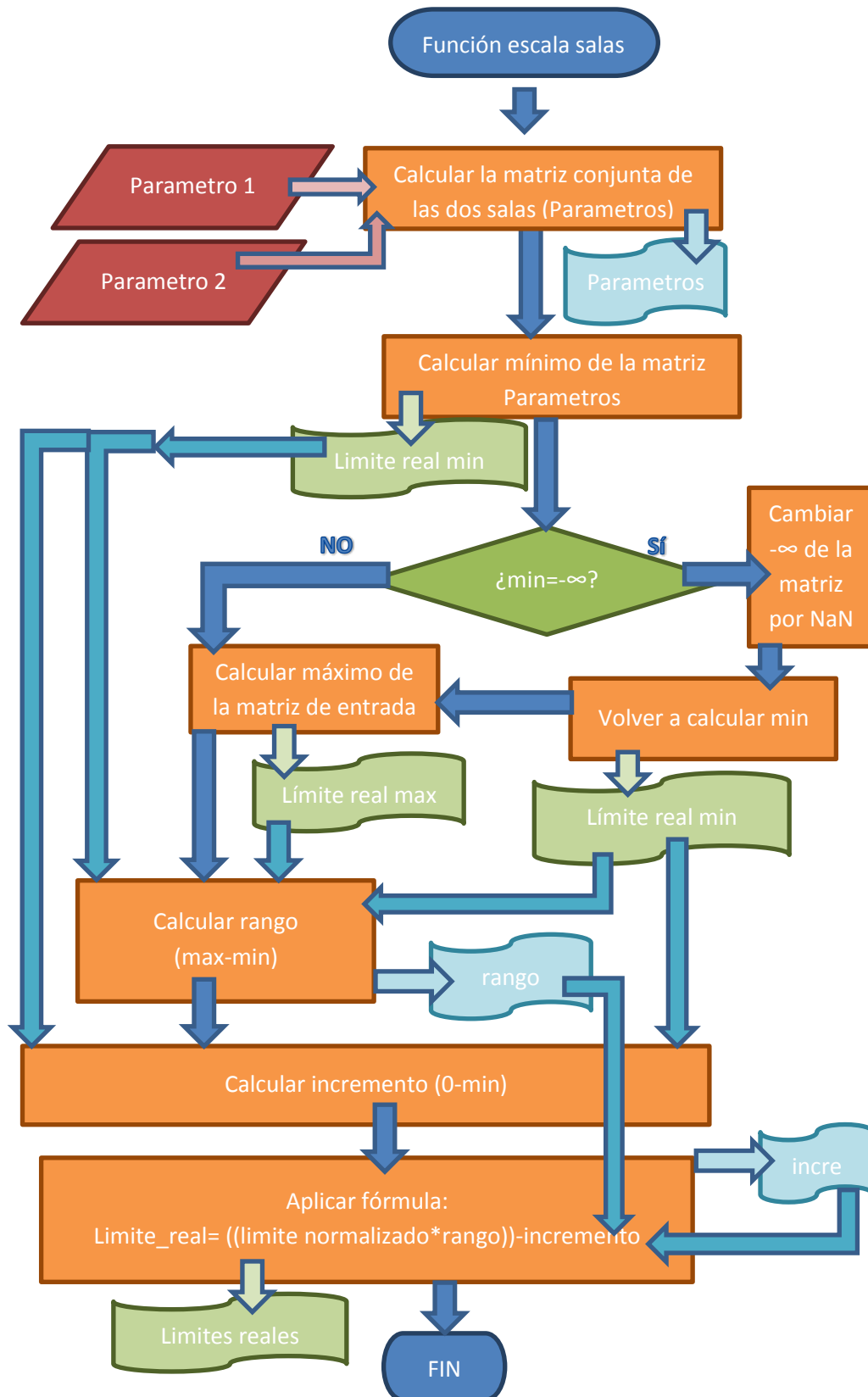
- El valor máximo del conjunto.
- El valor mínimo del conjunto.
- Δx (0-mínimo).
- El rango (máximo-mínimo).

Los límites reales serán:

```
pmax=max(Parametros);  
p95=(19*paso_barra)*rango-incremento;  
p80=(16*paso_barra)*rango-incremento;  
p75=(15*paso_barra)*rango-incremento;  
p65=(13*paso_barra)*rango-incremento;  
p55=(11*paso_barra)*rango-incremento;  
p45=(9*paso_barra)*rango-incremento;  
p35=(7*paso_barra)*rango-incremento;  
p25=(5*paso_barra)*rango-incremento;  
p15=(3*paso_barra)*rango-incremento;  
p5=(1*paso_barra)*rango-incremento;
```

```
pmin=min(Parametros);  
p90=(18*paso_barra)*rango-incremento;  
p85=(17*paso_barra)*rango-incremento;  
p70=(14*paso_barra)*rango-incremento;  
p60=(12*paso_barra)*rango-incremento;  
p50=(10*paso_barra)*rango-incremento;  
p40=(8*paso_barra)*rango-incremento;  
p30=(6*paso_barra)*rango-incremento;  
p20=(4*paso_barra)*rango-incremento;  
p10=(2*paso_barra)*rango-incremento;
```

Diagrama de flujo:



6.7.2. Función escala jnd.

La función de llamada:

```
function [nmax,n19,n18,n17,n16,n15,n14,n13,n12,n11,n10,n9,n8,n7,n6,n5,n4,n3,n2,n1,nmin]
=escala_jnd(paso)
```

Parámetros de entrada y salida:

- **Entrada:** paso, es el valor de incremento de los límites al pasar de uno a otro el paso se obtiene seleccionando una de las distintas escalas de jnd.
- **Salida:** valores que delimitan cada color (20 separaciones)

Descripción:

Esta función calcula los valores de los límites de la escala de colores que se utiliza como leyenda en la gráfica diferencias jnd.

Procedimiento:

Se calculan los diferentes límites que delimitan los 20 niveles de colores distintos de la escala, según el paso introducido que depende de la escala jnd elegida.

Por ejemplo:

- si se elige una escala 0-5 jnd → el paso será $5/20=0.25$ jnd.

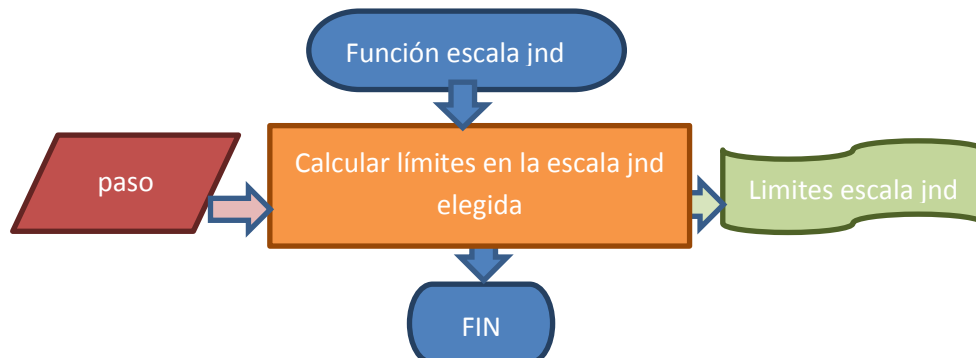
Y los diferentes límites que comprenden un color serán:

0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.75	0.75-1.0	1.0-1.25	1.25-1.50	1.50-1.75	1.75-2	2.0-2.25	2.25-2.50
2.50-2.75	2.75-3.0	3.0-3.25	3.25-3.50	3.50-3.75	3.75-4.0	4.0-4.25	4.25-4.50	4.50-4.75	4.75-5

Los límites se calcularán de la siguiente manera:

$n_{max} = \text{paso} * 20;$ $n_{19} = \text{paso} * 18;$ $n_{18} = \text{paso} * 18;$ $n_{17} = \text{paso} * 17;$ $n_{16} = \text{paso} * 16;$ $n_{15} = \text{paso} * 15;$
 $n_{14} = \text{paso} * 14;$ $n_{13} = \text{paso} * 13;$ $n_{12} = \text{paso} * 12;$ $n_{11} = \text{paso} * 11;$ $n_{10} = \text{paso} * 10;$ $n_9 = \text{paso} * 9;$
 $n_8 = \text{paso} * 8;$ $n_7 = \text{paso} * 7;$ $n_6 = \text{paso} * 6;$ $n_5 = \text{paso} * 5;$ $n_4 = \text{paso} * 4;$ $n_3 = \text{paso} * 3;$
 $n_2 = \text{paso} * 2;$ $n_1 = \text{paso} * 1;$ $n_{min} = \text{paso} * 0;$

Diagrama de flujo:



7. MANUAL DE USUARIO

Ejecute el comparador.

Le aparecerá la siguiente ventana:



Figura 1 tutorial. Pantalla inicio comparador.

Seleccione qué tipo de archivos va a utilizar en la comparación:

- Provenientes de la **versión 11 de ODEON** → pulse este botón



- Provenientes de la **versión 12 de ODEON** → pulse este botón



Al pulsar estos botones se pasará directamente a sus respectivas pantallas de comparación:

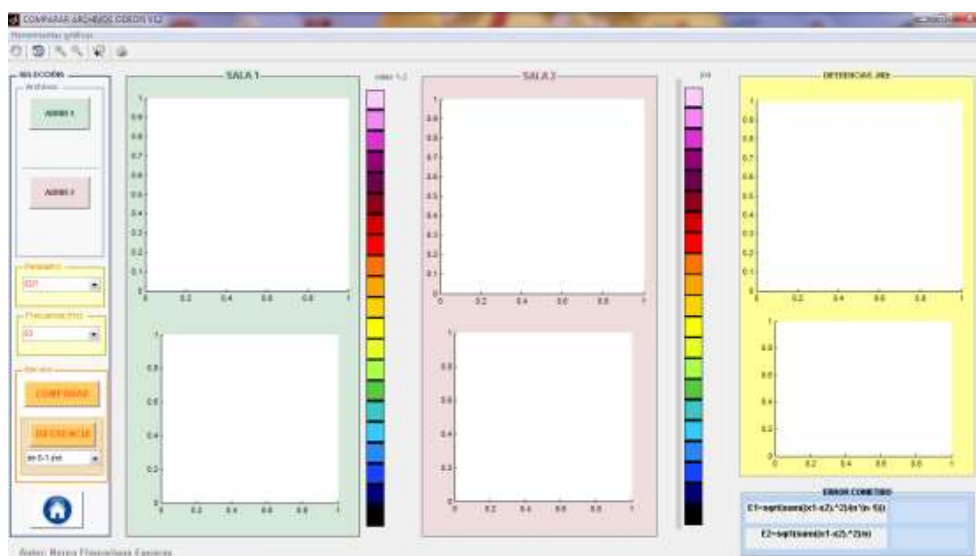


Figura 2 tutorial. Ventana de comparación.

Seleccione los archivos que desea comparar.

Para ello pulse sobre los botones  y .

Al pulsarlos se abrirá la pantalla de selección de archivo:



Figura 3 tutorial. Pantalla selección archivos.

Busque el archivo procedente de **ODEON** del tipo *.txt o Excel y presione “Abrir” para cargarlo.

En la pantalla de comparación, dentro del **panel SELECCIÓN** situado en la parte izquierda d, observará el nombre del archivo seleccionado:

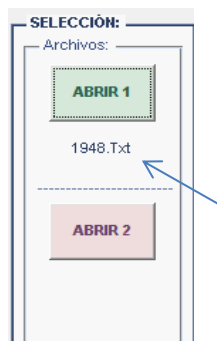


Figura 4 tutorial. Detalle nombre archivo seleccionado.

Si no selecciona ningún archivo el programa le informará de ello:

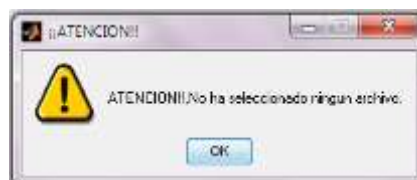


Figura 5 tutorial. Mensaje de aviso de que existen no se han seleccionado archivos.

Si no introduce **dos archivos**, no se podrá comparar:

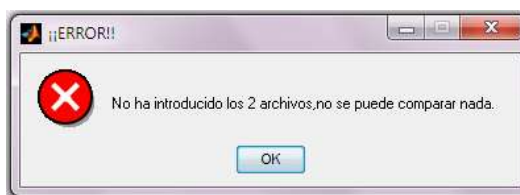


Figura 6 tutorial. Mensaje aviso de que no se han introducido 2 archivos para comparar.

Seleccione la frecuencia y el parámetro acústico que desea comparar mediante los *pop-up* menús que desplegarán las distintas opciones:

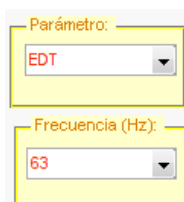


Figura 7 tutorial. Pop-up menús selección parámetro acústico y frecuencia

Si no selecciona nada, por defecto estará eligiendo Parámetro acústico EDT y frecuencia 63 Hz.

Los **parámetros acústicos** disponibles son:

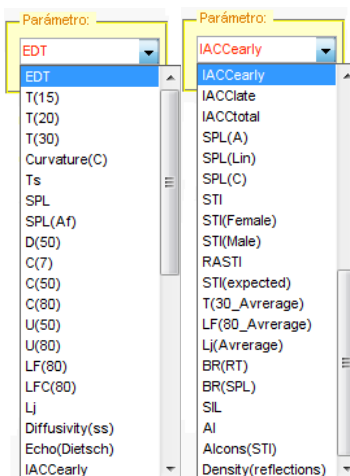


Figura 8 tutorial. Parámetros acústicos disponibles en el pop-up menú de selección de parámetro acústico.

Las **bandas de frecuencias en Hz** disponibles son:

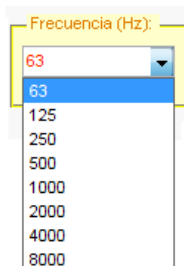


Figura 9 tutorial. Bandas de frecuencias disponibles en el pop-up menú de selección de frecuencia.

Algunos parámetros acústicos no permiten seleccionar una banda de frecuencia en concreto puesto que dependen de varias de ellas. En estos casos en el *pop-up menú* de selección de frecuencia se visualizará este mensaje:

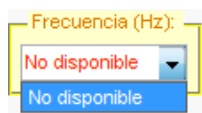


Figura 10 tutorial. Bandas de frecuencias no disponibles para algunos parámetros acústicos.

Una vez seleccionados todos estos datos pulse el **botón COMPARAR**, para que comience a ejecutarse.



Figura 11 tutorial. Botón COMPARAR.

Al pulsarlo el programa comenzará a realizar sus cálculos y mostrará un mensaje avisando de que estas operaciones pueden tardar varios segundos:



Figura 12 tutorial. Aviso del que el programa se encuentra calculando.

NOTA: cuantos más receptores tengan las salas a comparar en el archivo de ODEON, más tiempo tardará el programa en comparar.

Si usted ha elegido un parámetro acústico que no se encuentra en el archivo de *ODEON* introducido se mostrará el siguiente mensaje:

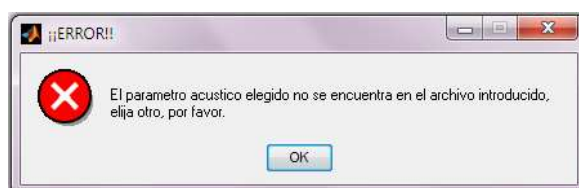


Figura 13 tutorial. Mensaje error por no encontrar parámetro acústico seleccionado en el archivo ODEON.

Para solucionar el error escoja otro parámetro acústico que sí se encuentre en el archivo introducido.

Una vez realizadas las operaciones por el programa, aparecerá otro mensaje:



Figura 14 tutorial. Mensaje aviso fin de cálculos.

Y poco a poco se irán mostrando las gráficas 3D de la sala, las gráficas estadísticas y los valores que delimitan los colores de la leyenda:

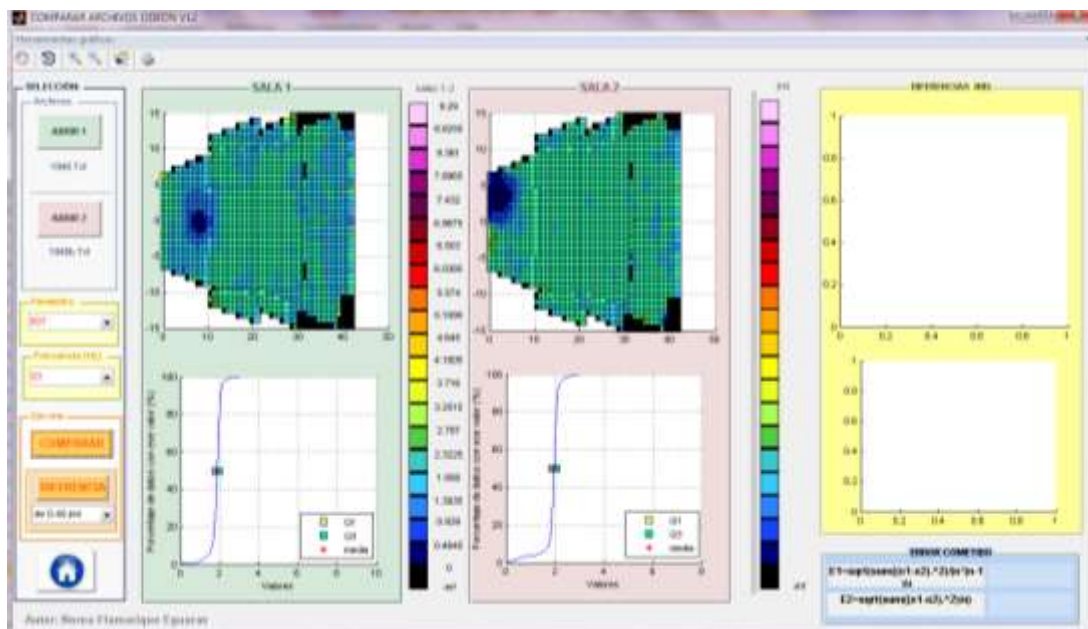


Figura 15 tutorial. Pantalla comparador con gráficas 3D y estadísticas de las salas a comparar.

Puede utilizar las **herramientas**, situadas en la parte superior de la ventana del comparador para mejorar la visualización de las gráficas:



Figura 16 tutorial. Detalle barra de herramientas gráficas disponibles.

- **Pan:** mueve el gráfico.
- **Rotar 3D:** gira el gráfico en las 3 dimensiones.
- **Zoom In:** acerca la imagen.
- **Zoom out:** aleja la imagen.
- **Cursor de datos:** muestra el valor del punto seleccionado en el gráfico.
- **Imprimir:** dirige a la pantalla de impresión.

Pantalla de impresión:

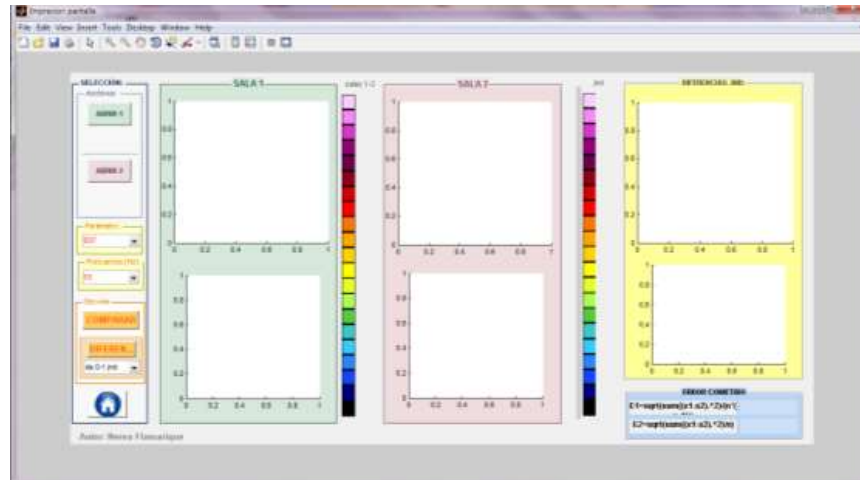


Figura 17 tutorial. Pantalla de impresión.

En esta pantalla aparecen varios menús conocidos con los que, además de poder guardar la imagen de la pantalla en el momento de presionar el *botón imprimir*, permiten imprimir la imagen, editarla, etc.

Para hallar: las diferencias en jnd, su gráfica estadística y el error de ajuste cometido entre salas pulse el **botón DIFERENCIA**:

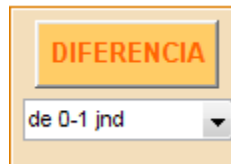


Figura 18 tutorial. Botón DIFERENCIA y pop-up menú de selección de escala jnd.

Seleccione en el *pop-up menú* situado debajo del botón la escala de jnd que desea que tenga la representación de la sala diferencias.

Podrá elegir entre las siguientes escalas:

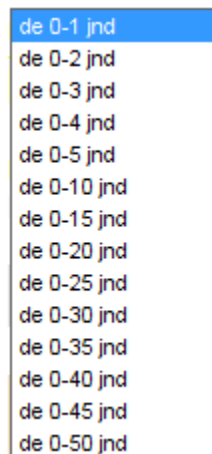


Figura 19 tutorial. Detalle escalas jnd disponibles.

Si los valores de la diferencia en jnd de las dos salas se encuentran fuera del rango de la escala elegida aparecerá:

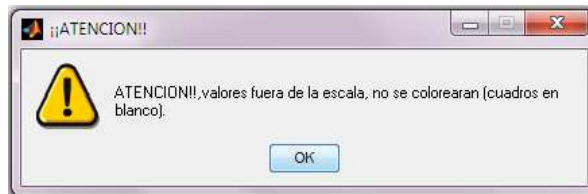


Figura 20 tutorial. Mensaje aviso de valores de la diferencia jnd fuera del rango de la escala seleccionada.

En este caso, en la representación de la sala diferencias jnd aparecerán valores sin pintar, en blanco, que superan el jnd máximo de la escala elegida:

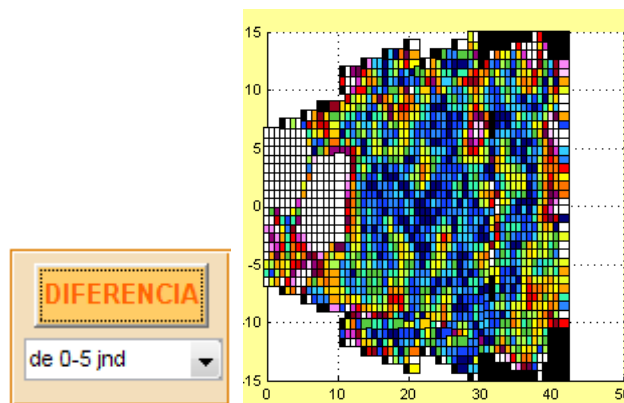


Figura 21 tutorial. Ejemplo de sala diferencias jnd con valores fuera del rango de la escala seleccionada.

Puede volver a seleccionar otro rango hasta que esos puntos se encuentren dentro de los límites y sean pintados:

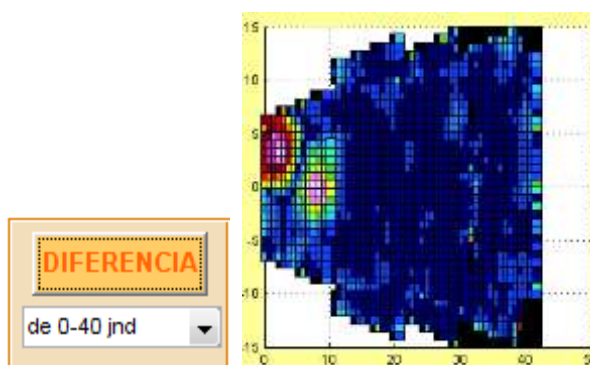


Figura 22 tutorial. Ejemplo de sala diferencias jnd con todos sus valores dentro del rango de la escala seleccionada.

La ventana final del comparador una vez ejecutada la comparación y la diferencia sera:

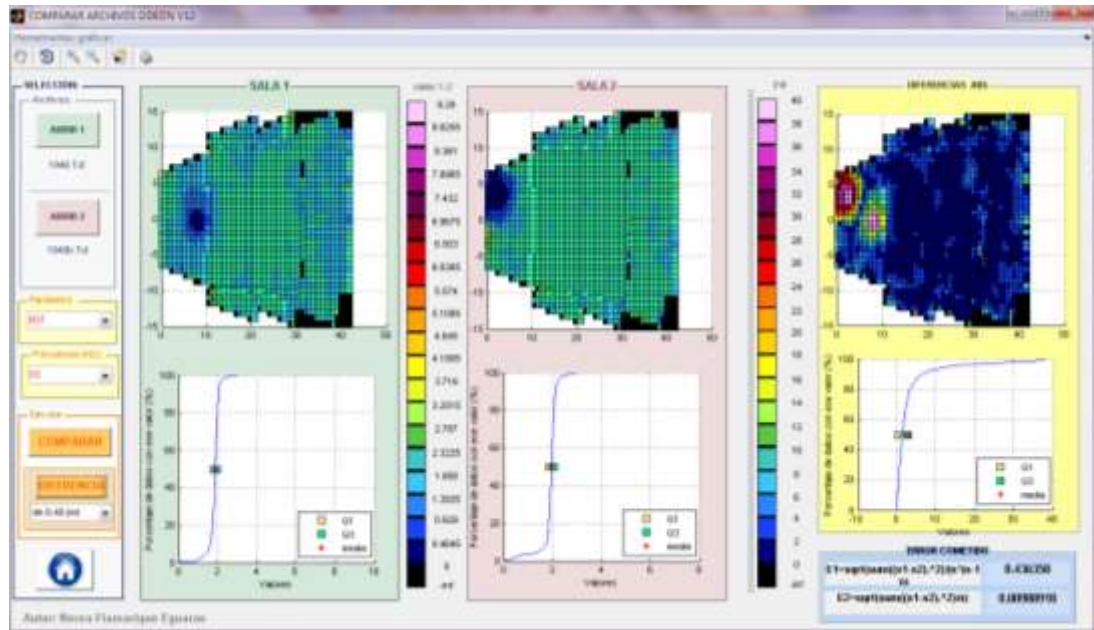


Figura 23 tutorial. Pantalla de comparación con todos los datos disponibles.

Para salir de la ventana del comparador pulse sobre el aspa roja de la parte superior derecha:



Figura 24 tutorial. Mensaje para cerrar la ventana del comparador.

Para volver a la ventana de inicio del comparador pulse la casita de la parte inferior izquierda, situada en el panel selección:



Figura 25 tutorial. Detalle botón volver a la pantalla de inicio del comparador.



8. EJEMPLO PRÁCTICO

Como ejemplo de aplicación de la herramienta diseñada, se propone el análisis de la influencia, en el resultado de los parámetros acústicos simulados, de la incertidumbre en los coeficientes de absorción de materiales tanto reflectantes como absorbentes.

8.1. INTRODUCCIÓN

Cuando se aborda el proceso de análisis de las propiedades acústicas de un recinto, tanto desde el punto de vista de su diseño como de su posterior caracterización, es habitual la utilización de datos medidos y simulados del mismo. Para el primero de los casos, se suele disponer de alrededor de un millar de datos¹ y su manejo depende de la experiencia del usuario con herramientas de visualización estándar del tipo hojas de cálculo.

Sin embargo, en un proceso simulado que permita una evaluación espacial detallada, este volumen de datos puede multiplicarse fácilmente tanto por el número de receptores analizado como por el estudio de las diferentes variables presentes en el proceso. Es en este punto donde resulta conveniente disponer de una herramienta que facilite dicho análisis, ofreciendo facilidades para el análisis estadístico, la comparación y representación de los valores obtenidos.

Sobre la base de las simulaciones de todos los parámetros acústicos realizadas butaca por butaca en el Auditorio Fernando Remacha del Conservatorio Superior de Música de Navarra se analizará tanto la capacidad como las limitaciones de ODEON para simular dicha sala con la máxima precisión. Concretamente, se estudiará una de las fuentes de error más comunes en las simulaciones acústicas, la imprecisión en los coeficientes de absorción y su impacto en los resultados obtenidos, diferenciando entre materiales absorbentes y reflectantes. Resultará por tanto del todo conveniente disponer de una herramienta que facilite dicho análisis, ofreciendo facilidades para el análisis estadístico, la comparación y representación de los valores obtenidos.

¹ Número obtenido considerando caracterización según ISO 3382 en recinto de tamaño medio: tres posiciones de fuente, ocho receptores, siete parámetros y seis frecuencias.

8.2. DATOS AUDITORIO

SITUACIÓN

El Auditorio Fernando Remacha, forma parte del edificio del Conservatorio Superior de Música de Navarra.



Figura 51: Fachada Conservatorio Superior de Música de Navarra.

El CSMN tiene su sede en la Ciudad de la Música de Pamplona, en la siguiente dirección: Paseo Antonio Pérez Goyena nº 1, 31008 Pamplona-Iruña.



Figura 52: Mapa localización del CSMN.

INSTALACIONES

El auditorio tiene capacidad para 375 espectadores y un volumen de 4144m^3



Figura 53: Fotografía auditorio tomada desde la parte superior del mismo.

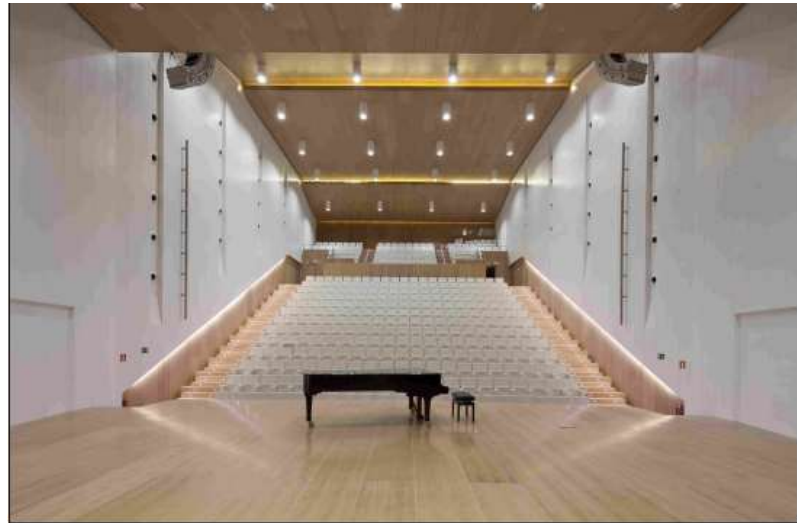


Figura 54: Fotografía auditorio tomada desde el escenario.

8.3. SIMULACIÓN ODEON

Se dibuja el auditorio en 3D, teniendo en cuenta las recomendaciones de ODEON, como dibujar el menor número de superficies posibles y que éstas sean de tamaño grande.

El modelo geométrico del auditorio en ODEON es este:

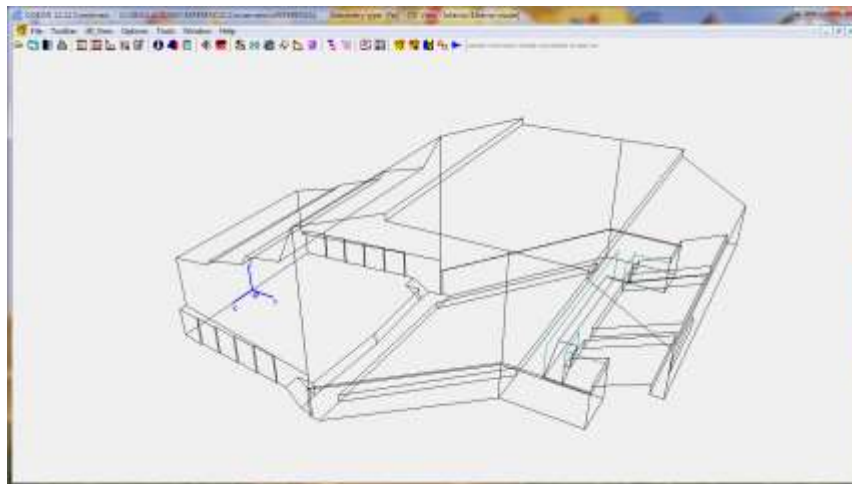


Figura 55: Modelo geométrico del auditorio en ODEON.

Se asignan los materiales correspondientes a las superficies dibujas.

Problema: no se dispone de información concreta de algunos de los coeficientes de absorción.

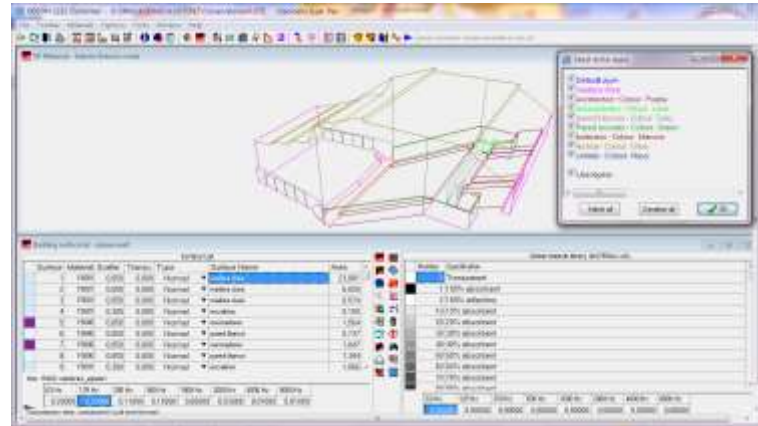


Figura 56: Capas de las distintas superficies del modelo geométrico del auditorio en ODEON.

Estos son los 4 materiales distintos que se han asignado a las distintas superficies de la sala:

- El escenario, el techo, el suelo y la pared del fondo están recubiertos por madera clara.
- Las paredes laterales tienen una madera blanca lacada.
- En el pasillo que separa la platea del patio de butacas se encuentra situado un resonador (altas y medias frecuencias) con una estructura de paneles perforados.
- Todas las butacas son del modelo *Prima* de la casa *Dynamobel* de cuero blanco.

Los coeficientes de absorción de materiales asignados a las distintas superficies de la sala son:

MADERA CLARA: (referencia 1501):

Frecuencia	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Coef.abs (α)	0.20	0.20	0.11	0.1	0.06	0.03	0.01	0.01

RESONADORES (referencia 1506):

Frecuencia	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Coef.abs (α)	0.35	0.45	0.8	0.92	0.88	0.73	0.55	0.01

MADERA LACADA BLANCA (referencia 1500):

Frecuencia	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Coef.abs (α)	0.13	0.13	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01

BUTACAS CUERO (referencia 1502):

Frecuencia	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Coef.abs (α)	0.34	0.44	0.58	0.64	0.64	0.52	0.39	0.01

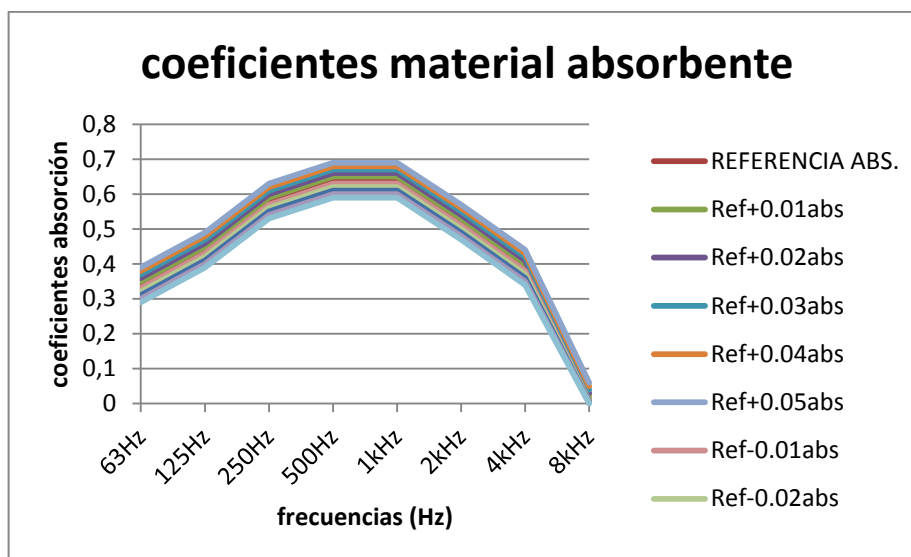
Para analizar los efectos de la incertidumbre en los coeficientes de absorción y su impacto en los resultados de la simulación se varían los coeficientes de absorción del material más reflectante de la sala (paredes laterales de madera blanca lacada) y del más absorbente (butacas).

Las variaciones se hacen de 0.01 en 0.01. Se realizan 5 variaciones mayores al material de referencia y 5 menores al material de referencia.

Los valores resaltados en amarillo se han variado proporcionalmente hasta 0.

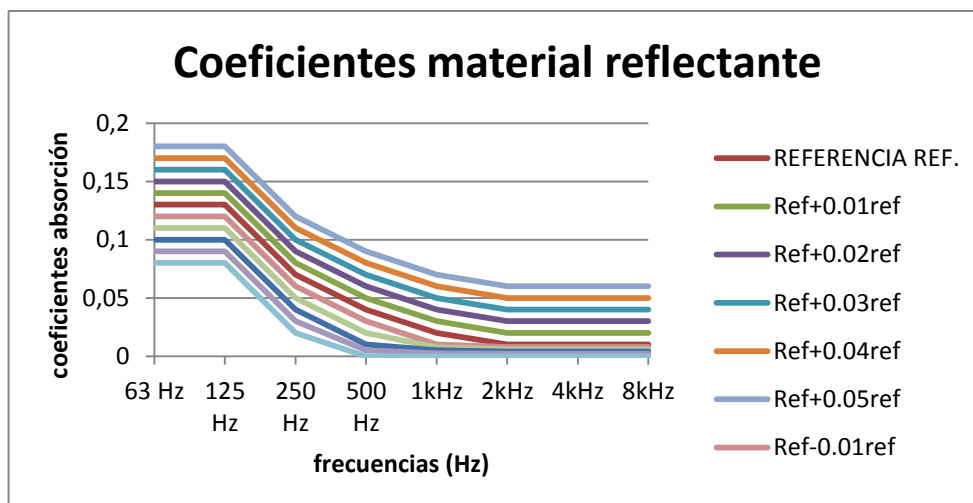
COEFICIENTES ABSORCIÓN MATERIAL ABSORBENTE:

	Referencia	material más absorbente							
		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Coef. Abs	15002	0,34	0,44	0,58	0,64	0,64	0,52	0,39	0,01
Abs+0,01	15021	0,35	0,45	0,59	0,65	0,65	0,53	0,4	0,02
Abs+0,02	15022	0,36	0,46	0,6	0,66	0,66	0,54	0,41	0,03
Abs+0,03	15023	0,37	0,47	0,61	0,67	0,67	0,55	0,42	0,04
Abs+0,04	15024	0,38	0,48	0,62	0,68	0,68	0,56	0,43	0,05
Abs+0,05	15025	0,39	0,49	0,63	0,69	0,69	0,57	0,44	0,06
Abs-0,01	15027	0,33	0,43	0,57	0,63	0,63	0,51	0,38	0,008
Abs-0,02	15028	0,32	0,42	0,56	0,62	0,62	0,5	0,37	0,006
Abs-0,03	15029	0,31	0,41	0,55	0,61	0,61	0,49	0,36	0,004
Abs-0,04	15030	0,3	0,4	0,54	0,6	0,6	0,48	0,35	0,002
Abs-0,05	15031	0,29	0,39	0,53	0,59	0,59	0,47	0,34	0



COEFICIENTES ABSORCIÓN MATERIAL REFLECTANTE:

Coef. Abs	Referencia	material más reflectante							
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
15000		0,13	0,13	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
Ref+0,01	15010	0,14	0,14	0,08	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
Ref+0,02	15011	0,15	0,15	0,09	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03
Ref+0,03	15012	0,16	0,16	0,1	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04
Ref+0,04	15013	0,17	0,17	0,11	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
Ref+0,05	15014	0,18	0,18	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06
Ref-0,01	15015	0,12	0,12	0,06	0,03	0,01	0,008	0,008	0,008
Ref-0,02	15016	0,11	0,11	0,05	0,02	0,0075	0,006	0,006	0,006
Ref-0,03	15017	0,1	0,1	0,04	0,01	0,005	0,004	0,004	0,004
Ref-0,04	15018	0,09	0,09	0,03	0,005	0,0025	0,002	0,002	0,002
Ref-0,05	15019	0,08	0,08	0,02	0	0	0	0	0



Antes de simular se ajustan los parámetros de ODEON:



Figura 57: Pantalla ajuste parámetros ODEON.

La **fente** utilizada en la simulación tiene estas características:

nombre	Ganancia	Retardo	tipo	directividad	Posición		
					x	y	z
S2	31 dB	0	puntual	Omnidireccional.S08	2.00	9.00	1.5

Esta es malla de los 375 receptores colocados:

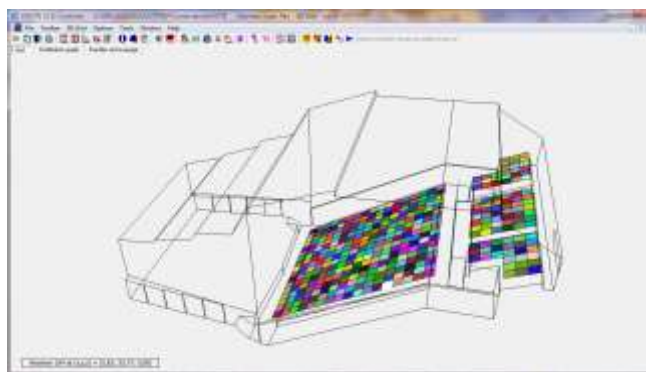


Figura 58: Malla de receptores.

Con todos estos parámetros se comienza la simulación en la malla para el receptor S2.

Se realizan 21 simulaciones distintas: una utilizando los materiales de referencia, 10 simulaciones cambiando los coeficientes del material más absorbente y 10 cambiando los coeficientes del material más reflectante.

8.4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Obtenidos los archivos *.txt de la simulación en *ODEON* se comparan en el la herramienta creada.

Se ha comparado el T30 para todas las frecuencias y se han obtenido todos los resultados que proporciona la herramienta.

En el anexo 2 se encuentran disponibles las tablas con la información que ofrece el comparador en todas las frecuencias.

También se han comparado los parámetros acústicos EDT, SPL, D50, C80, Ts Y JLF a la frecuencia de 1kHz. La información de estas comparaciones se encuentra en:

- Anexo3. Capturas pantalla comparador acústico con toda la información a 1kHz.
- Anexo 4. Tablas de valores medios parámetros acústicos por frecuencias realizadas a partir de la información del comparador.
- Anexo 5. Gráficas de las tablas de las distintas variaciones de cada parámetro al variar los coeficientes de absorción en cada frecuencia.
- Anexo 6. Gráficas de las variaciones de los valores de los parámetros a 1kHz respecto a las variaciones de los coeficientes de absorción.

Nota: Se comentan todos los parámetros citados anteriormente, aunque solamente se utilizan las gráficas y tablas del T30 a modo de ejemplo, las del resto de parámetros acústicos puede consultarse en los anexos.

La herramienta comparador acústico ofrece todos estos datos:

Estos son los resultados de la comparación del **T30 a 1kHz del material más absorbente:**

1000 Hz							
Q1	media	Q3	JND			error1	error2
			Q1	medio	Q3		
1,94	1,96	1,97	0,1018	0,1536	0,2041	1,59E-02	8,13E-04
1,92	1,948	1,96	0,3023	0,2988	0,3117	2,98E-02	1,52E-03
1,91	1,933	1,94	0,4084	0,4458	0,5115	4,41E-02	2,25E-03
1,89	1,92	1,93	0,5168	0,5888	0,625	5,78E-02	2,95E-03
1,88	1,906	1,92	0,7161	0,729	0,8163	7,13E-02	3,64E-03
1,95	1,977	1,99	#	#	#	#	#
1,97	1,992	2	0,1013	0,1549	0,202	1,62E-02	8,27E-04
1,98	2,008	2,02	0,2993	0,3144	0,3069	3,17E-02	1,62E-03
2	2,024	2,04	0,4061	0,4736	0,5063	4,78E-02	2,44E-03
2,02	2,04	2,05	0,597	0,6372	0,7018	6,45E-02	3,29E-03
2,04	2,058	2,07	0,7882	0,8069	0,8889	8,19E-02	4,18E-03

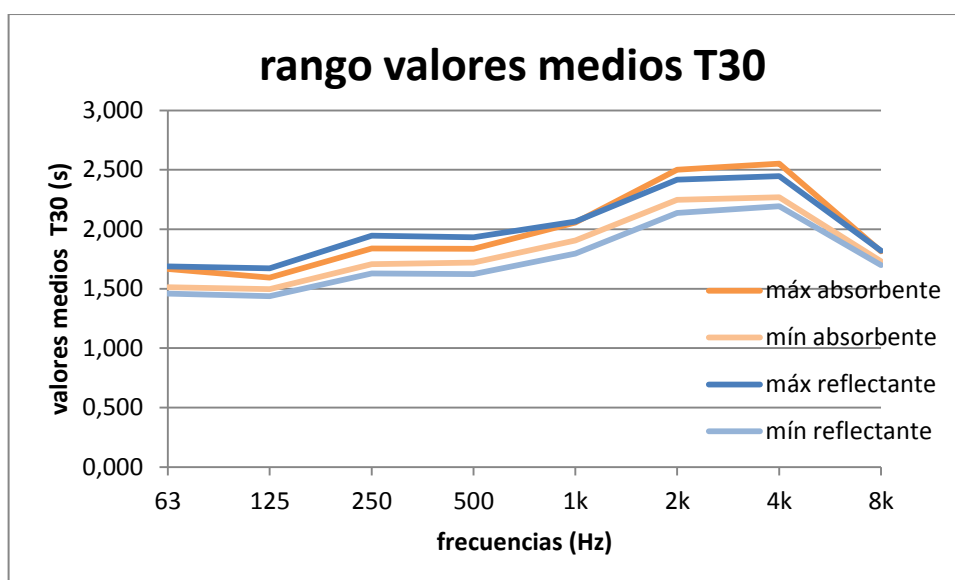
Estos son los resultados de la comparación del **T30 a 1kHz del material más reflectante:**

1000 Hz							
Q1	media	Q3	JND			error1	error2
			Q1	medio	Q3		
1,91	1,937	1,95	0,404	0,4057	0,4145	4,01E-02	2,05E-03
1,88	1,899	1,91	0,7311	0,8017	0,8333	7,82E-02	3,99E-03
1,85	1,863	1,87	1,143	1,188	1,25	1,15E-01	5,85E-03
1,81	1,828	1,84	1,474	1,56	1,611	1,49E-01	7,62E-03
1,78	1,795	1,8	1,813	1,921	2,005	1,82E-01	9,30E-03
1,95	1,977	1,99	#	#	#	#	#
1,99	2,019	2,03	0,4	0,422	0,4779	4,27E-02	2,18E-03
2	2,03	2,05	0,4988	0,5311	0,5941	5,39E-02	2,75E-03
2,01	2,041	2,06	0,597	0,6432	0,6948	6,55E-02	3,34E-03
2,02	2,053	2,07	0,6983	0,7542	0,796	7,70E-01	3,93E-03
2,038	2,065	2,08	0,796	0,8688	0,8978	8,91E-02	4,55E-03

Puesto que no se sabe el valor exacto de los coeficientes de absorción, los valores de los parámetros acústicos obtenidos variarán en un rango de:

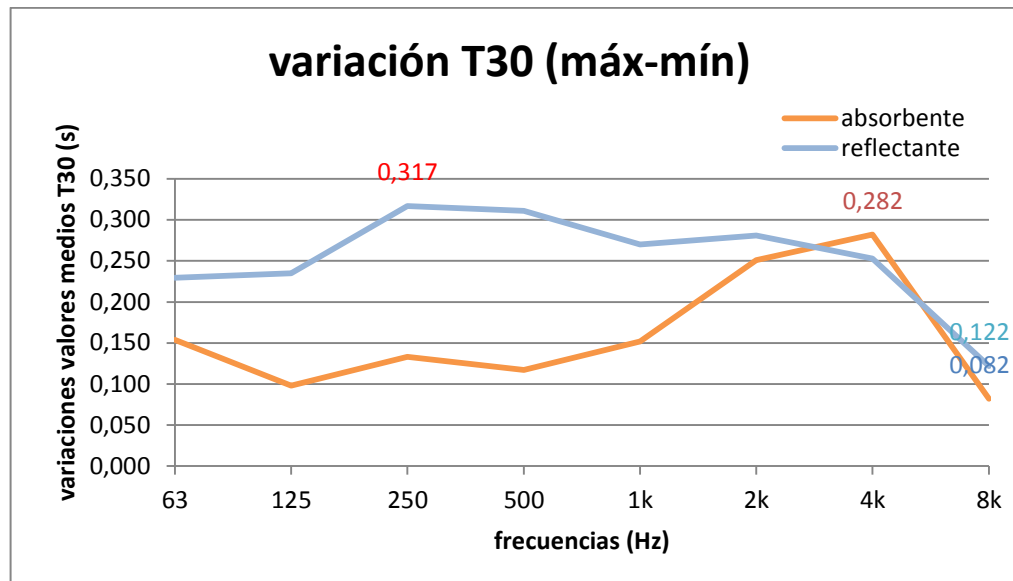
variaciones material absorbente								
Valores medios T30	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
valor máx	1,666	1,594	1,839	1,837	2,058	2,500	2,552	1,813
valor mín	1,512	1,496	1,706	1,720	1,906	2,249	2,270	1,731
variación	0,154	0,098	0,133	0,117	0,152	0,251	0,282	0,082

variaciones material reflectante								
Valores medios T30	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
valor máx	1,689	1,672	1,946	1,933	2,065	2,418	2,448	1,821
valor mín	1,459	1,437	1,629	1,622	1,795	2,137	2,195	1,699
variación	0,230	0,235	0,317	0,311	0,270	0,281	0,253	0,122



La tendencia a lo largo de las bandas, tanto si se cambia el material absorbente como el reflectante, es la misma.

Las variaciones del T30 van aumentando ligeramente a lo largo de las bandas hasta 4kHz, siendo la variación media 0.04 para el material absorbente y 0.05 para el material reflectante. En 8kHz disminuyen bruscamente habiendo una diferencia de variación entre 4kHz y 8kHz de 0.131 para el material absorbente y 0.2 para el material reflectante.

**Para el T30:**

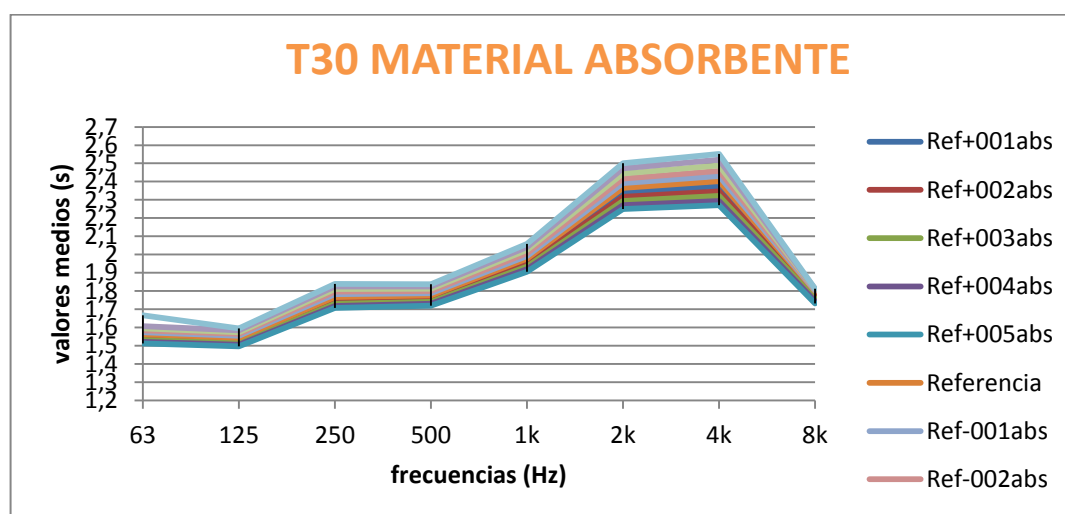
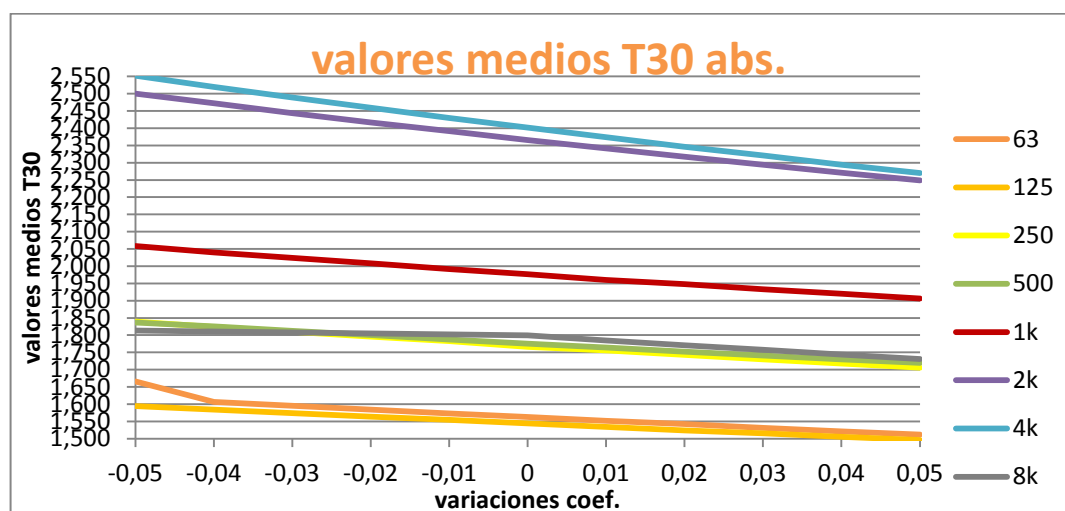
Cuando se realizan cambios del material **más absorbente**, las mayores variaciones se encuentran en altas frecuencias (2kHz-4kHz). La mayor a 4kHz es de 0.282s y la menor variación se produce a 8kHz y es de 0.082 s

Cuando se realizan cambios del material **más reflectante**, las mayores variaciones se encuentran entre 250Hz y 500Hz. La variación mayor está en 250Hz y es de 0.317 s y la menor, al igual que en el otro caso, se produce a 8kHz y es de 0.122s.

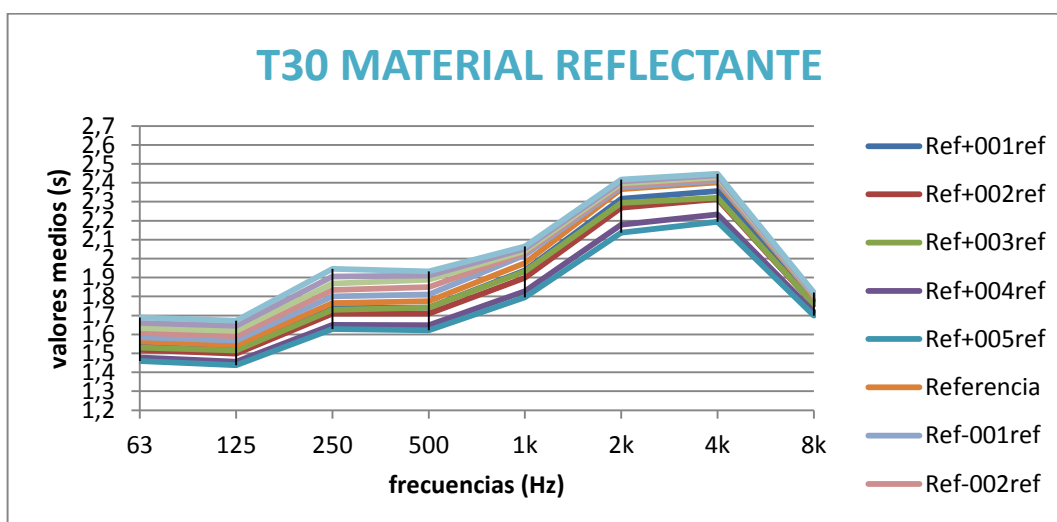
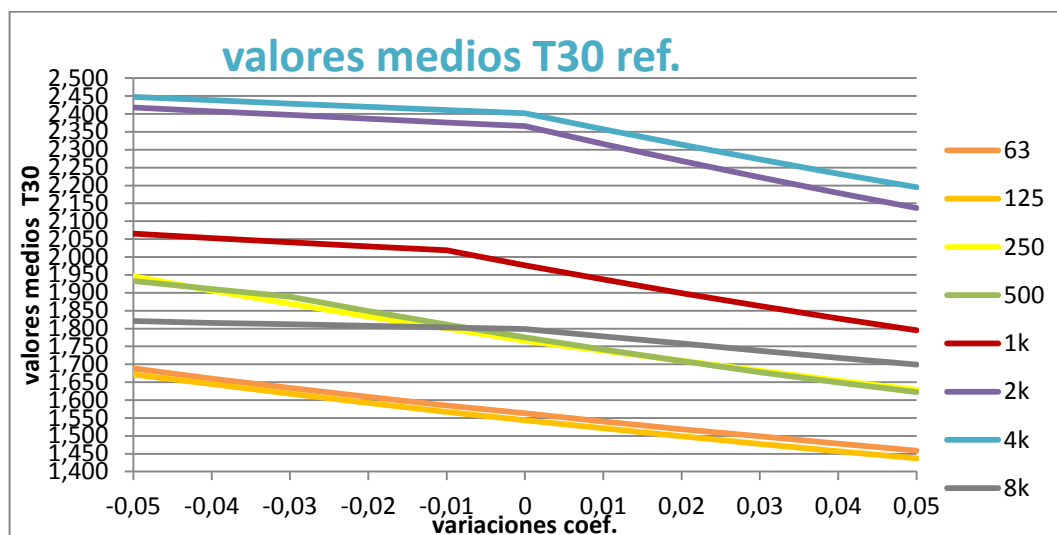
En general, **los cambios del material más absorbente** producen **menores variaciones en los valores de los parámetros acústicos** que cuando se cambia el más reflectante.

En concreto para el T30 el material absorbente tiene una variación media de 0.15 y para el material reflectante una variación media de 0.25.

valores medios T30 material absorbente								
variaciones coef.	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
-0,05	1,666	1,594	1,839	1,837	2,058	2,500	2,552	1,813
-0,04	1,606	1,584	1,824	1,825	2,040	2,472	2,520	1,811
-0,03	1,595	1,574	1,810	1,812	2,024	2,444	2,489	1,808
-0,02	1,584	1,564	1,796	1,800	2,008	2,417	2,459	1,805
-0,01	1,573	1,554	1,783	1,787	1,992	2,392	2,430	1,802
0	1,563	1,544	1,766	1,775	1,977	2,366	2,402	1,799
0,01	1,552	1,534	1,756	1,764	1,960	2,342	2,374	1,785
0,02	1,542	1,524	1,743	1,752	1,948	2,317	2,346	1,771
0,03	1,531	1,515	1,730	1,741	1,933	2,294	2,321	1,758
0,04	1,521	1,505	1,718	1,730	1,920	2,271	2,294	1,744
0,05	1,512	1,496	1,706	1,720	1,906	2,249	2,270	1,731



valores medios T30 material reflectante								
variaciones coef.	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
-0,05	1,689	1,672	1,946	1,933	2,065	2,418	2,448	1,821
-0,04	1,660	1,645	1,906	1,911	2,053	2,407	2,439	1,816
-0,03	1,634	1,618	1,869	1,889	2,041	2,397	2,429	1,812
-0,02	1,609	1,592	1,834	1,849	2,030	2,387	2,420	1,808
-0,01	1,585	1,567	1,800	1,811	2,019	2,376	2,411	1,803
0	1,563	1,544	1,766	1,775	1,977	2,366	2,402	1,799
0,01	1,540	1,521	1,738	1,741	1,937	2,316	2,357	1,778
0,02	1,519	1,499	1,710	1,709	1,899	2,269	2,314	1,758
0,03	1,499	1,477	1,682	1,678	1,863	2,223	2,273	1,738
0,04	1,478	1,457	1,655	1,649	1,828	2,179	2,233	1,718
0,05	1,459	1,437	1,629	1,622	1,795	2,137	2,195	1,699





Comentario valores T30 respecto variaciones coeficientes absorción:

Conforme aumenta la absorción respecto a la de referencia, tanto para cambios en el material más absorbente como en el más reflectante, **disminuyen** progresivamente los **valores del T30**. Por ejemplo, para 1kHz se pasa de un valor inicial de 2.065s (ref-0.05) a un valor final menor de 1.795 s (ref-0.05).

Para bajas frecuencias (63-125Hz) la disminución es menos acusada, véase la diferencia entre el valor T30 máximo (ref-0.05) y mínimo (ref+0.05) de 0.23 s. para el material reflectante.

Para la frecuencia de 8kHz las variaciones de los valores también son suaves, para el material reflectante 0.122s.

Comentario valores parámetro respecto a las bandas de frecuencia:

Las **tendencias** de las **variaciones** de los valores **del T30, EDT y SPL respecto a la frecuencia**, tanto para el material absorbente como para el reflectante, **aumentan** hasta los 4000Hz, a partir de ese punto empiezan a descender.

Para el **D50 y C80** sucede justo lo **contrario**, las variaciones de estos parámetros tienen una tendencia descendente hasta los 4000Hz, a partir de donde ascienden.

La tendencia de las variaciones del **JLF es ascendente** durante **todas** las **bandas** de frecuencia.

A continuación se muestran las capturas de pantalla del comparador acústico, del T30 a 1kHz, donde se comparan las variaciones de los coeficientes con valores más alejados del coeficiente tomado como referencia (referencia+0.05 y referencia-0.05).

Para el resto de parámetros acústicos, estas gráficas pueden verse en el Anexo 3.

PARA EL MATERIAL ABSORBENTE:

Gráficas comparación T30 a 1kHz de referencia y referencia+0.05abs

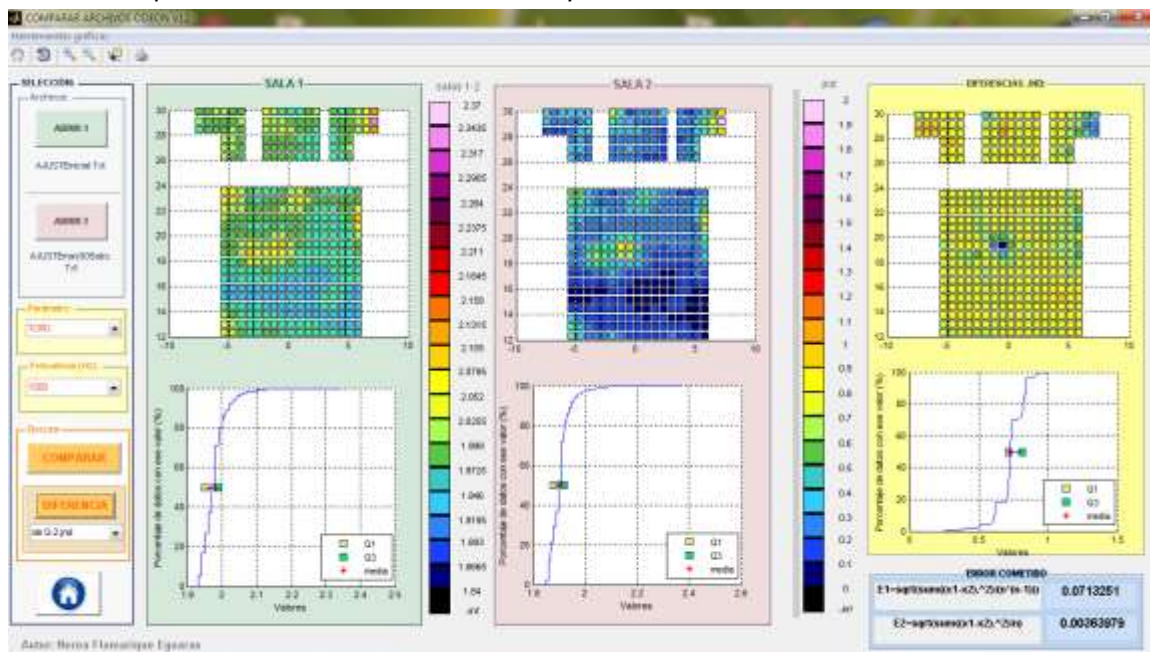


Figura 59: Pantalla comparador.

Gráficas comparación T30 a 1kHz de referencia y referencia-0.05abs

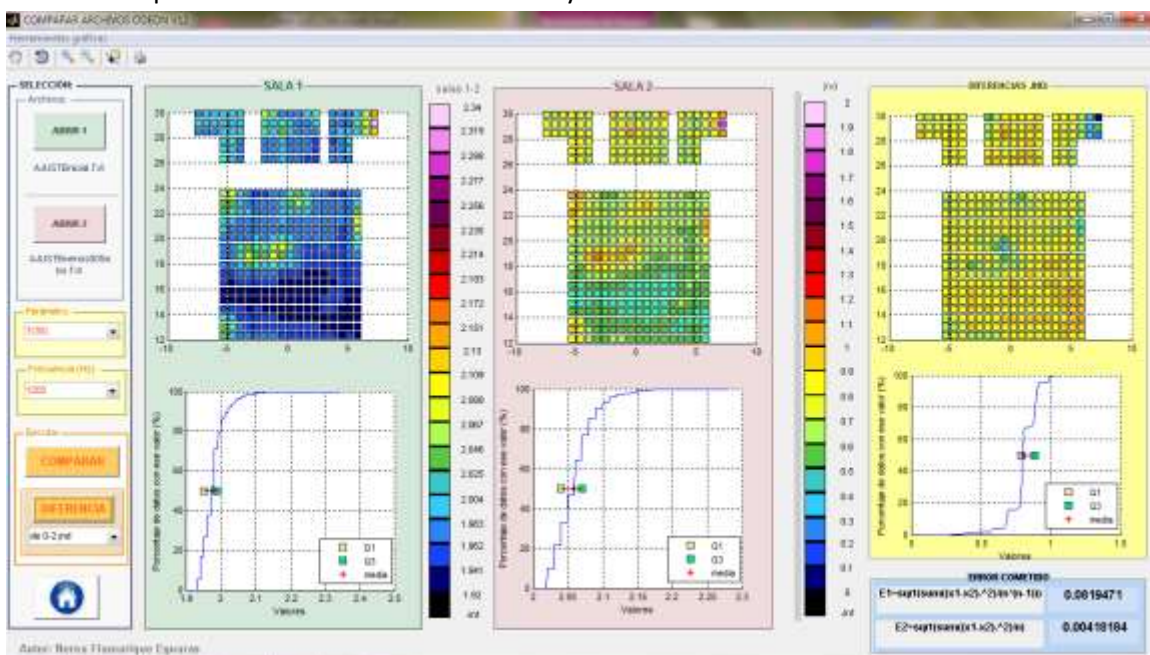


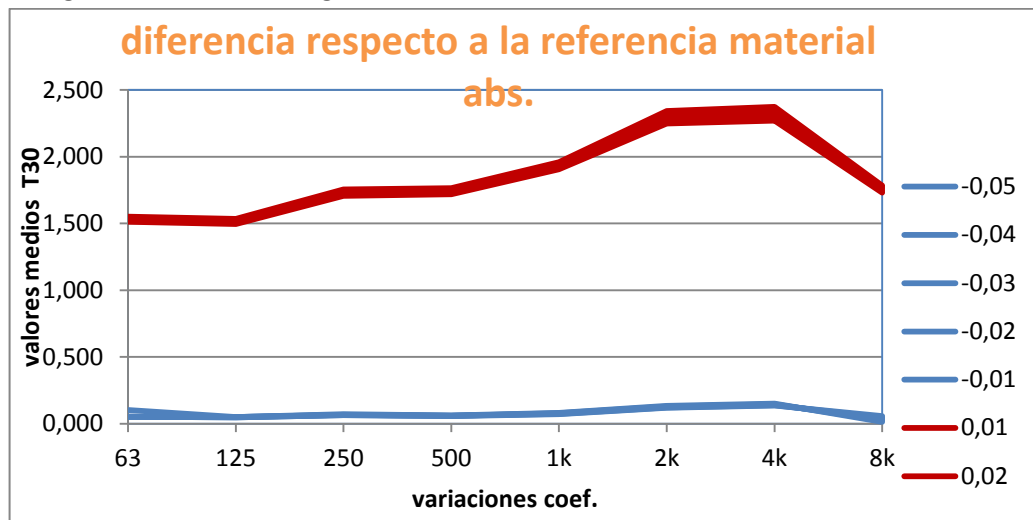
Figura 60: Pantalla comparador.

Comentarios capturas pantalla comparador material más absorbente:

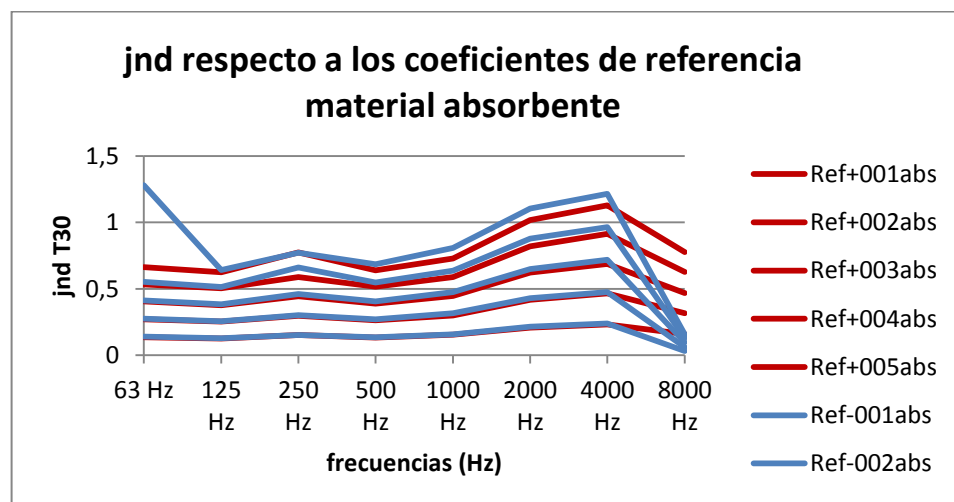
Las **variaciones negativas respecto al valor de referencia** (referencia-0.05abs), producen **un error medio mayor** de 0.081 que a referencia+0.05abs que es de 0.071.

Para el resto de parámetros acústicos sucede lo mismo. Se producen **mayores errores cuando se realizan variaciones negativas del material más absorbente**.

Sin embargo, si se observa esta gráfica:



Las **variaciones** de los valores del **T30** son más **pequeñas**, en torno a 0, cuando se realizan **variaciones negativas de los coeficientes** de absorción que cuando son positivas.



Comentarios gráfica jnd material más absorbente:

Para el T30, las diferencias respecto a la referencia del material absorbente no superan 1.4 jnd.

Para la diferencia jnd para resto de parámetros acústicos:

El EDT tiene el 90% de puntos de la sala con diferencias menores a 1.2 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción (+0.05abs) es positiva y el 90% de puntos de la sala con diferencias menores a 1.3 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción es negativa (-0.05abs).

El Ts tiene el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.8 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción (+0.05abs) es positiva y el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.9 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción es negativa (-0.05abs).

El SPL tiene el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.4 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción (+0.05abs) es positiva y el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.4 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción es negativa (-0.05abs).

Pero si se observa el error medio cometido es mayor cuando las variaciones del coeficiente de absorción son negativas (0.287 frente a 0.299).

El D50 tiene el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.4 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción (+0.05abs) es positiva y el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.4 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción es negativa (-0.05abs).

Pero si se observa el error medio cometido es mayor cuando las variaciones del coeficiente de absorción son negativas (0.0135 frente a 0.0138).

El C80 tiene el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.4 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción (+0.05abs) es positiva y el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.4 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción es negativa (-0.05abs).

Pero si se observa el error medio cometido es mayor cuando las variaciones del coeficiente de absorción son negativas (0.310 frente a 0.318).

El JLF tiene el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.12 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción (+0.05abs) es positiva y el 100% de puntos de la sala con diferencias menores a 0.12 jnd cuando la variación del coeficiente de absorción es negativa (-0.05abs).

Pero si se observa el error medio cometido es menor cuando las variaciones del coeficiente de absorción son negativas (0.0022 frente a 0.0021).

PARA EL MATERIAL REFLECTANTE:

Graficas comparación T30 a 1kHz de referencia y referencia+0.05ref

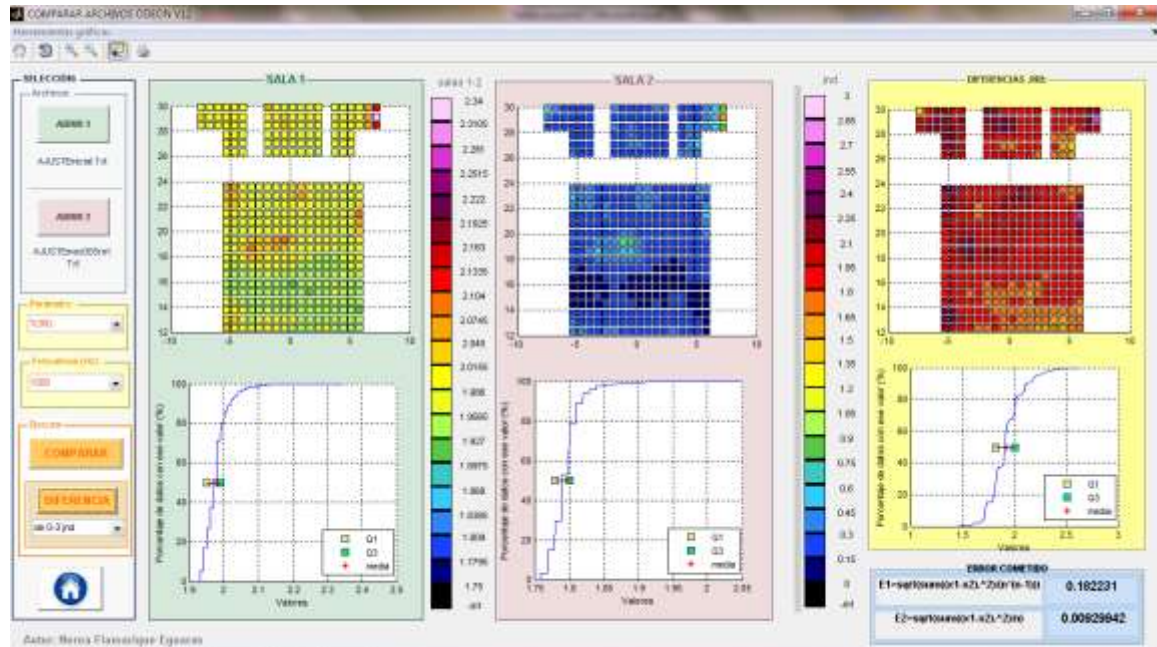


Figura 61: Pantalla comparador.

Graficas comparación T30 a 1kHz de referencia y referencia-0.05ref

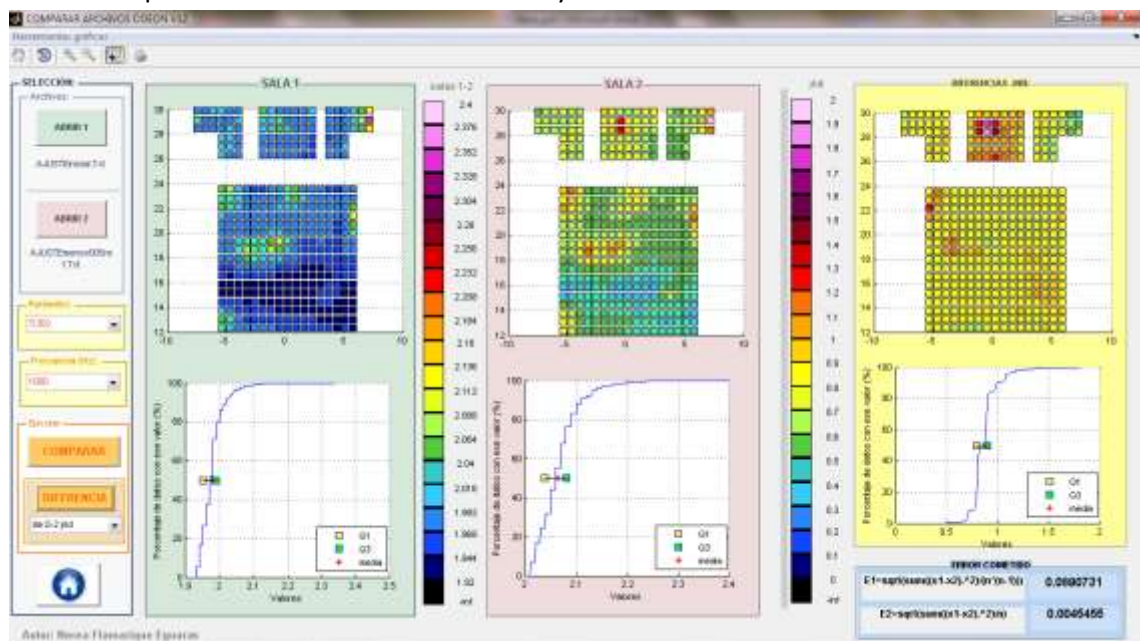
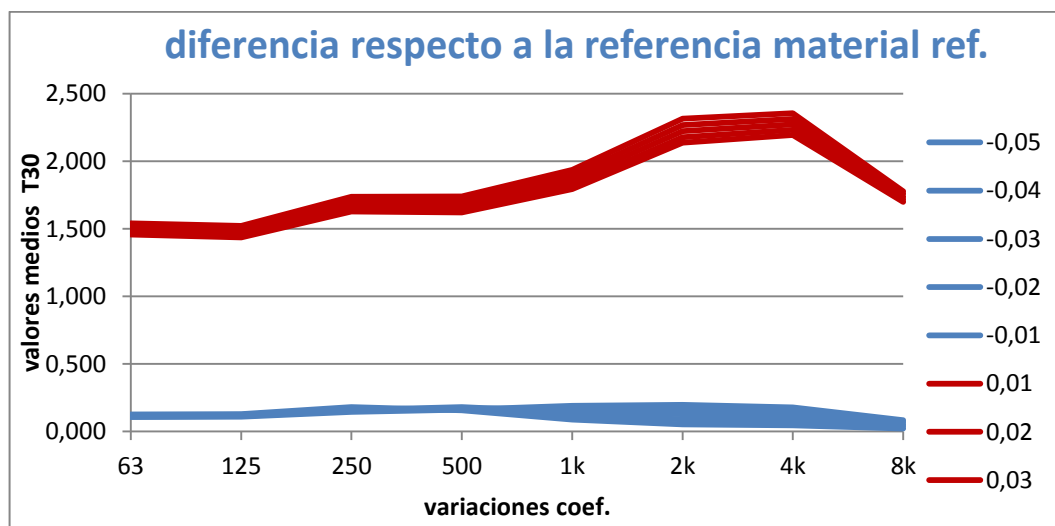


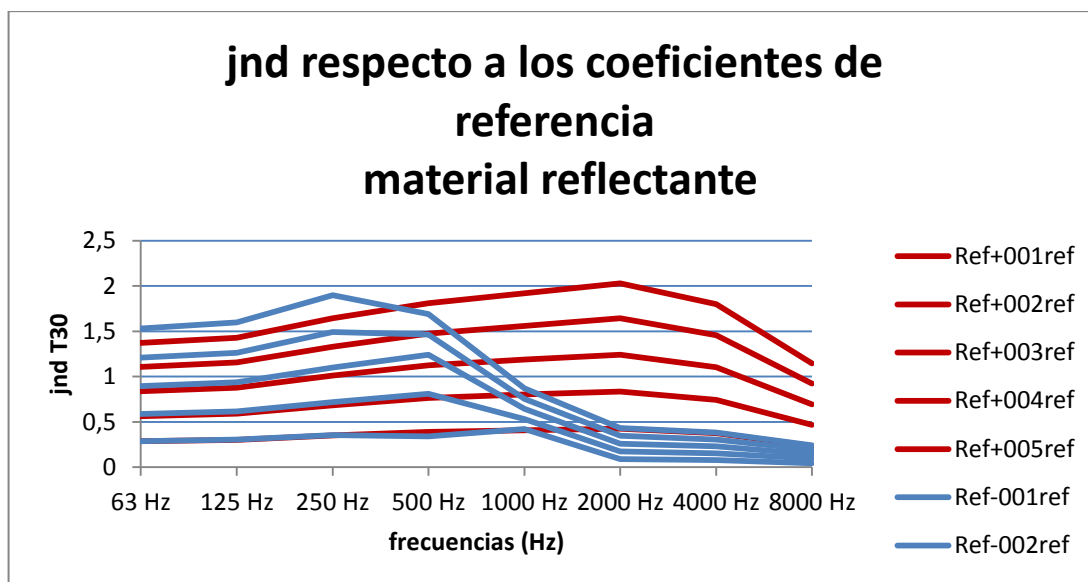
Figura 62: Pantalla comparador.

Comentarios gráficas comparador material más reflectante:

Las **variaciones positivas** respecto al valor de referencia (referencia+0.05ref), producen un **error medio mayor** de 0.18 que a referencia-0.05ref que es de 0.089.



Se comprueba nuevamente que los valores de los parámetros acústicos varían más si se cambia el material reflectante que el absorbente, siendo los errores de ajuste más grandes.



Para el T30, las diferencias alcanzan 2jnd siendo mayores a las que había al cambiar el material absorbente.



Para la diferencia jnd para el resto de parámetros acústicos:

El EDT, tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 2.4 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}+0.05$ y tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 1.2 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}-0.05$.

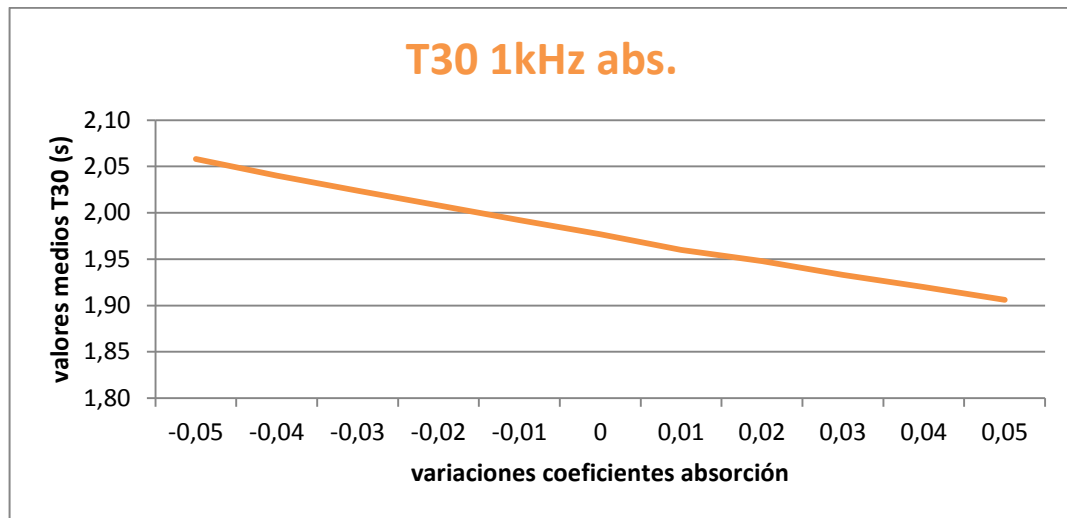
El T_s tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 1.3 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}+0.05$ y tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.6 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}-0.05$.

El SPL, tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.6 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}+0.05$ y tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.3 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}-0.05$.

El D50, tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.6 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}+0.05$ y tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.4 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}-0.05$.

El C80, tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.7 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}+0.05$ y tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.3 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}-0.05$.

El JLF, tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.2 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}+0.05$ y tiene el 100% de valores de la diferencia debajo de los 0.8 jnd cuando se compara la referencia con el coeficiente de absorción $\text{ref}-0.05$.



Comentarios gráficas valores 1kHz respecto variaciones coeficientes absorción del material más absorbente:

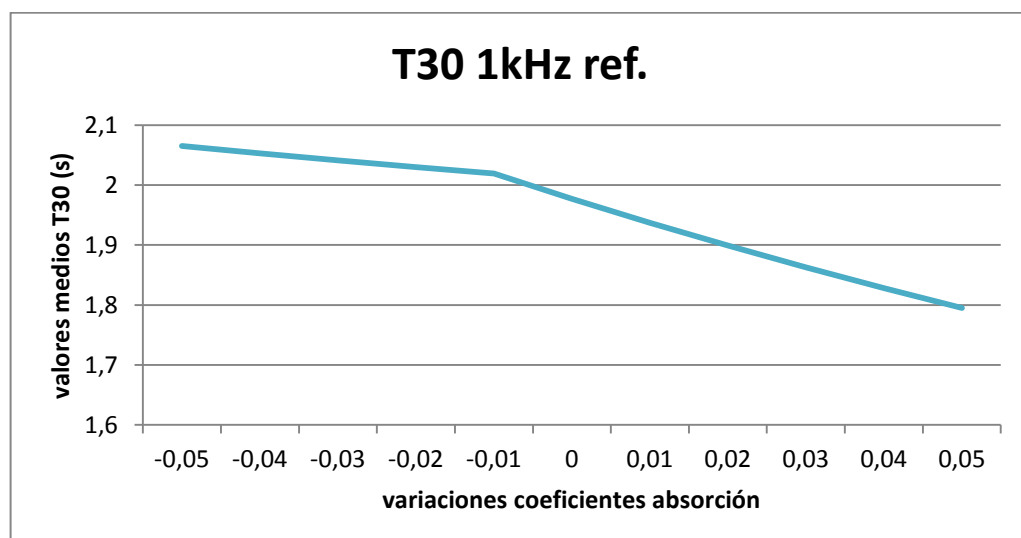
Estas otras gráficas muestran la evolución de los valores medios del T30 en función de la variación progresiva de los coeficientes de absorción.

Conforme **aumentan los coeficientes de absorción del material absorbente**, T30 **disminuye**.

Para el EDT, Y SPL estas tendencias son parecidas.

La tendencia es parecida a la del T30: al **sumar valores al coeficiente** de referencia **disminuyendo** los **valores** de los parámetros acústicos.

Para el D50, C80, Ts Y JLF la tendencia es justo la contraria. Al sumar valores al coeficiente de referencia aumentan los valores de estos parámetros acústicos.



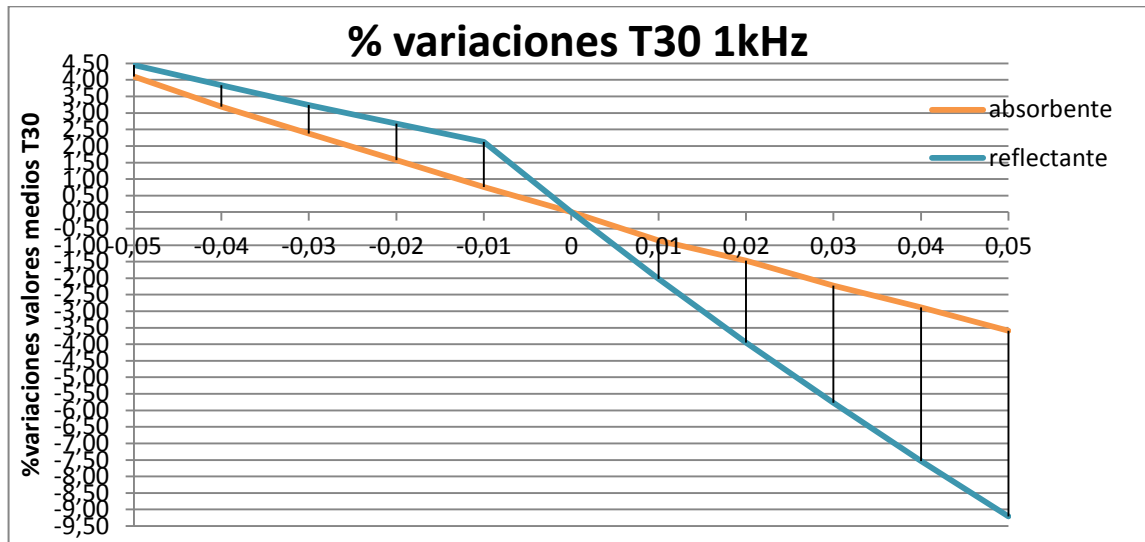
Comentarios gráficas valores 1kHz respecto variaciones coeficientes absorción del material más reflectante:

Cuando se **aumentan los coeficientes de absorción del material reflectante T30 disminuye**.

La tendencia es menos lineal que en el caso de variar el material más absorbente.

La tendencia de EDT y SPL es parecida.

Para D50, C80, Ts Y JLF, las gráficas son más lineales y el pico que se producen cuando el coeficiente de absorción se resta 0.03 es hacia arriba. Además en el caso del JLF, el pico está más marcado.



Mirando el **porcentaje de variaciones de los valores del parámetro respecto a las variaciones de los coeficientes de absorción** la tendencia de los valores del T30 sigue descendiendo linealmente conforme se aumenta la variación de los coeficientes de absorción.

Para el **material más absorbente** las variaciones más grandes se producen en la parte negativa.

Para el material **más reflectante las variaciones son más grandes en la parte positiva** y más pequeñas en la parte negativa, además se pierde un poco la linealidad al pasar de valores negativos a positivos.

Las gráficas del estudio de los parámetros acústicos Ts, SPL, D50, C80 y JLF pueden verse en el anexo 3.



9. CONCLUSIONES

9.1. CONCLUSIONES PROGRAMA

1. La aplicación está programada de forma modular pudiendo aumentarse o mejorarse sus prestaciones.
2. Se puede utilizar para comparar **cualquier tipo** de sala simulada con ODEON.
3. El comparador facilita la comprensión de los datos proporcionados por ODEON, ayudando al manejo de la información.
4. Admite la importación de datos tanto ***/txt** como Excel directamente de ODEON **sin** tener que **modificarlos** previamente.
5. Permite seleccionar archivos que tengan diferente número de parámetros acústicos seleccionados en ODEON.
6. El programa es compatible tanto con la versión de 11 de ODEON como con la versión 12.
7. La herramienta proporciona diversos tipos de datos en la misma ventana, como gráficas 3D, gráficas estadísticas, diferencias en jnd y errores.
8. La interfaz es atractiva y fácil de utilizar por cualquier usuario no experto.
9. La interfaz dispone una barra de herramientas que ayuda a mejorar la visualización de las gráficas.
10. Se puede guardar la imagen de la pantalla con los datos de la interfaz e imprimirla.
11. La gráfica de las diferencias en jnd puede ser ajustada a la escala seleccionada por el usuario.
12. El programa avisa en todo momento de posibles fallos realizados por el usuario.



9.2. CONCLUSIONES SIMULACIÓN ODEON

1. Se deben tener en cuenta los consejos que da ODEON en su manual para obtener una buena simulación.

9.3. CONCLUSIONES EJEMPLO PRÁCTICO

1. Cuando existe incertidumbre en los coeficientes de absorción de los materiales, los valores de los parámetros acústicos obtenidos en la simulación varían entre un rango de valores distintos.
2. Conforme se aumenta la absorción disminuyen los valores del T30, EDT y SPL y aumentan los del D50 y C80.
3. Las variaciones de los coeficientes de absorción del **material más absorbente** de la sala producen **menores variaciones en los valores** de los parámetros acústicos que cuando se cambian los coeficientes de absorción del material más reflectante.
4. Al aumentar la absorción del material más **absorbente**, las **variaciones** de los parámetros acústicos **T30, EDT y SPL** respecto a las frecuencias van **aumentando hasta los 4000Hz** y a partir de ahí **descienden**.
5. Al aumentar la absorción del material más **absorbente** las **variaciones** de los parámetros acústicos **D50 y C80** respecto a las frecuencias **descienden hasta los 4000Hz** y a partir de ahí **ascienden**.
6. Al aumentar la absorción del material más **absorbente**, las **variaciones** del parámetro acústico **JLF** respecto a las frecuencias **ascienden en todas las bandas**.
7. Las **variaciones negativas** de los coeficientes de absorción del **material más absorbente** (tipo coeficiente de referencia-0.0xabs) producen **mayores errores** en los valores de los parámetros acústicos **que** cuando estas **variaciones** de los coeficientes de absorción son **positivas**.
8. Las **variaciones positivas** de los coeficientes de absorción del **material más reflectante** (tipo coeficiente de referencia+0.0xref) producen **mayores errores** en los valores de los parámetros acústicos **que** cuando estas **variaciones** de los coeficientes de absorción son **negativas**.



9. Los valores **jnd de la diferencia** entre la sala referencia y sala que ha sufrido **variaciones negativas** en los coeficientes de absorción **son mayores, que** cuando se producen **variaciones positivas** de los coeficientes de absorción de la sala a comparar.
10. Se producen **mayores diferencias jnd** cuando se varía el material **reflectante** (ref+0.05).
11. Observando el porcentaje de variaciones de los valores del T30 a 1kHz respecto a las variaciones de los coeficientes de absorción, para el **material más absorbente**, las **variaciones más grandes se encuentran en la parte negativa**.
12. Observando el porcentaje de variaciones de los valores del T30 a 1kHz respecto a las variaciones de los coeficientes de absorción, para el material **más reflectante**, las **variaciones son más grandes en la parte positiva**.

10. PROPUESTA MEJORA

1. Podría ser interesante realizar un ejecutable de la herramienta comparador acústico ya que permitiría ser utilizada por cualquier usuario independientemente de tener instalado en su ordenador el programa MATLAB.
2. Realizar un estudio más en profundidad de los parámetros acústicos utilizando la herramienta.



11. BIBLIOGRAFÍA

- ODEON ROOM ACOUSTIC SOFTWARE v 11.0. Claus Lynge Christensen (2011).
- UNE-EN-ISO 3382-1:2010 – Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 1: Salas de espectáculos.
- UNE-EN-ISO 3382-2:2008 – Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.
- DISEÑO ACÚSTICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS. Antoni Carrión Isbert. Universidad Politécnica de Cataluña (1998).
- ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA APLICADA. Manuel Recuero López. Ed Paraninfo (1999).
- APRENDA MATLAB 7.0 COMO SI ESTIVIERA EN PRIMERO. Javier García de Jalón, José Ignacio Rodríguez, Jesús Vidal. Universidad Politécnica de Madrid.

12. PÁGINAS WEB VISITADAS

- Página web Oficial de Mathworks:
<http://www.mathworks.es/>
- Página del Conservatorio Superior de Música de Navarra:
<http://csmn.educacion.navarra.es/>

Todas las páginas han sido visitadas entre Septiembre de 2012 y Julio de 2013.



13. ANEXOS

13.1. ANEXO 1: CÓDIGO MATLAB

13.1.1. Código función principal_v11/v12

```
%PROGRAMA PRINCIPAL para datos odeon v11/V12v
function [tlectura,tcalculo,tdibujo,ERROR]=principal_v11/v12

%Se limpia todo
clear all

%Se inicia el contador del reloj
tic;

%Se leen los datos
[datos1, celtexto1]=lectura;
[datos2, celtexto2]=lectura;

%se muestra cuanto se han tardado en realizar estas operaciones
tlectura=num2str(toc);
disp( ['se tardó en leer ' num2str(toc) 's.'] );
%-----

%Se muestra en pantalla los parámetros que se pueden seleccionar
[param,c]=seleccion_v11/V12;

%se inicia el contador del reloj de nuevo
tic

%se calcula el vector de posiciones de los micrófonos
POSMICRO=posiciones_v11 (celtexto1)/posiciones_v12 (celtexto,
datos);

%se calculan los datos del parametro y frecuencia seleccionada
Parametro1=parametro (celtexto1, param, datos1, c);
Parametro2=parametro (celtexto2, param, datos2, c);

%se calcula la matriz común de las dos salas
Parametros_1y2=[Parametro1;Parametro2];

%se normalizan los parámetros respecto al maximo común
PARNOR1y2=normal(Parametros_1y2,1);

%se calcula donde empiezan y termina cada matriz del total
fin=length(PARNOR1y2);
mitad=fin/2;

%Las matrices normalizadas de cada una de las salas son:
PARNOR1=PARNOR1y2(1:mitad);
PARNOR2=PARNOR1y2(mitad+1:fin);
```



```
%se calculan las diferencias en jnd
JND=dif_jnd (Parametro1, Parametro2, param);

%se calcula el ERROR
ERROR=error_cometido (Parametro1, Parametro2);

%se muestra cuanto se ha tardado en realizar estas operaciones
Tcalculo=num2str (toc);
disp( ['se tardó en calcular ' num2str(toc) 's.'] );
%-----

%se inicia el contador del reloj de nuevo
tic

%DIBUJOS
%se dibuja la sala en 3D por colores
%según el valor del parametro en esa posición

%SALA 1
figure (1)
title ('SALA 1')
subplot(2,1,1)
grafica (PARNOR1, POSMICRO);
subplot(2,1,2)
estadistica (Parametro1);

%SALA2
figure(2)
title('SALA 2')
subplot(2,1,1)
grafica (PARNOR2, POSMICRO);
subplot(2,1,2)
estadistica (Parametro2);

%dibujamos la gráfica jnd y su estadistica
figure(3)
title('JND')
subplot(2,1,1)
grafica (JND, POSMICRO);
subplot(2,1,2)
estadistica (JND);

%TIEMPO EJECUCION
tdibujo=num2str(toc);
disp( ['se tardó en dibujar ' num2str(toc) 's.'] );

end
```

13.1.2. Código función lectura

```
function [datos, celtexto]=lectura
%Funcion que lee datos contenidos en archivos
%del tipo *.txt, *.xls e *.xlsx
%ENTRADA: se pide introducir la DIRECCION donde se encuentra el
archivo.
%Se debe introducir la dirección SIN comillas.
%SALIDA:
%   matriz de DATOS.
%   celda de TEXTO con los nombres de los parámetros.

%Se pide la dirección donde se encuentra el archivo (sin comillas!)
disp ('INTRODUCCION DIRECCION ARCHIVO');
disp ('Por favor, escriba la dirección en la que se encuentra el
archivo')
disp ('ej)C:\carpeta\archivo.txt');
direc=input('Direccion del archivo: ','s');

%ABRIR FICHERO como lectura y escritura (+r)--> fichero, mensaje
error
[fid, mensaje]=fopen(direc,'r+');

%mostrar un mensaje de error en caso de no poder abrir el archivo
disp(mensaje)
error=strcmp(mensaje,'');
while error==0
    direc=input('Vuelva a introducir bien la direccion del archivo:
','s');
    [fid, mensaje]=fopen(direc,'r+');
    error=strcmp(mensaje,'');
end

%Se averigua el TIPO de EXTENSION del archivo
[Pathstr, nombre, ext] = fileparts (direc);

%Se distingue entre la extensión xls y txt (strcmp)

%SI SE TRATA DE UN ARCHIVO EXCEL
if strcmp(ext, '.xls')
    %Se leen los datos (xlread)
    [datos_xcl, celtexto]=xlsread(direc);

    %Para obtener la celda de texto:
    %Se elimina la primera celda de la celda de texto (titulo)
    celtexto{1,1}=[];
    %Se obtiene las posiciones de la celda de texto vacías
    vacias = cellfun('isempty', celtexto);
    %Se elimina las esas posiciones vacias y se obtiene celtexto
    %CELTEXTO
    celtexto(vacias) = [];
```



```
%Para obtener la matriz de datos:
%se buscan las posiciones de las líneas que no empiezan en
% blanco (NaN)
indices= ~isnan(datos_xcl(:,1));

%Se obtiene la matriz de datos,  DATOS
datos=datos_xcl(indices,:);

%para versiones nuevas de Excel
elseif strcmp(ext, '.xlsx')
    %Se leen los datos (xlread)
    [datos_xcl,celtexto]=xlsread(direc);

    %Para obtener la celda de texto:
    %Se elimina la primera celda de la celda de texto (titulo)
    celtexto{1,1}=[];

    %Se obtiene las posiciones de la celda de texto vacias
    vacias = cellfun('isempty', celtexto);

    %Se elimina las esas posiciones vacias y se obtiene celtexto
    %CELTEXTO
    celtexto(vacias) = [];

    %Para obtener la matriz de datos:
    %se buscan las posiciones de las líneas que no empiezan en
    blanco (NaN)
    indices= ~isnan(datos_xcl(:,1));
    %Se obtiene la matriz de datos
    %DATOS
    datos=datos_xcl(indices,:);

%SI SE TRATA DE UN ARCHIVO TXT
elseif strcmp(ext, '.Txt')

    %Se quita el encabezado
    fgetl(fid);

    %Se leen los datos (textscan), %s-->9 filas de texto
    celdas=textscan(fid, '%s %s %s %s %s %s %s %s %s'
        '%s', 'whitespace', '\t');

    %S mira el número de filas que tiene una columna de datos
    f=length(celdas{1,1});

    %Para obtener la celda de texto
    %se toma la primera columna de celdatos
    %CELTEXTO
    celtexto=celdas{1,1};
```




```
%Para obtener los datos
%Se cambian las comas por puntos y pasamos a número las celdas
con datos
    for i=2:9
        for j=1:f
            celdas{1,i}{j,1}=strrep(celdas{1,i}{j,1},',','.');
            celdas{1,i}{j,1}=str2double(celdas{1,i}{j,1});
        end
    end

%se inicializa la celda donde irán los datos
celdatos= cell(f,8);

%Se guarda los datos de las columnas 2-9 de celdatos
%juntos en otra celda
for i=1:8
    celdatos(:,i)=celdas{1,i+1};
    %Se convierte esa celda a datos
    datosmat= cell2mat(celdatos);
end

%Se buscan las posiciones de las líneas que no empiezan por NaN
indices= ~isnan(datosmat(:,1));

%Se obtiene la matriz de solo valores numéricos DATOS
datos=datosmat(indices,:);

%SI SE TRATA DE UN ARCHIVO TXT
elseif strcmp(ext, '.txt')

    %Se quita el encabezado
    fgetl(fid);

    %Se leen los datos (textscan), %s-->9 filas de texto
    celdas=textscan(fid, '%s %s %s %s %s %s %s %s %s %s',
        '%s', 'whitespace', '\t');

    %S mira el número de filas que tiene una columna de datos
    f=length(celdas{1,1});

    %Para obtener la celda de texto
    %se toma la primera columna de celdatos
    %CELTEXTO
    celtexto=celdas{1,1};

    %Para obtener los datos
    %Se cambian las comas por puntos y pasamos a número
    for i=2:9
        for j=1:f
            celdas{1,i}{j,1}=strrep(celdas{1,i}{j,1},',','.');
            celdas{1,i}{j,1}=str2double(celdas{1,i}{j,1});
        end
    end
end
```



```
%se inicializa la celda donde irán los datos
celdatos= cell(f,8);

%Se guarda los datos de las columnas 2-9 de celdas
%juntos en otra celda

for i=1:8
    celdatos(:,i)=celdas{1,i+1};
    %Se convierte esa celda a datos
    datosmat= cell2mat(celdatos);
end

%Se buscan las posiciones de las líneas que no empiezan por NaN
indices= ~isnan(datosmat(:,1));

%Se obtiene la matriz de solo valores numéricosDATOS
datos=datosmat(indices,:);

%si no se elige ninguna de las extensiones anteriores-->error
else
    disp('Error!!extensión de archivo no conocida')
end

end
```

13.1.3. Código función selección v11/v12

```
function [param,c]=seleccion_v12
%Funcion que permite seleccionar el parametro y la frecuencia
%deseadas.
%ENTRADA: se pide introducir la FRECUENCIA y PARAMETRO de entre los
%disponibles.
%SALIDA :
%   param=nombre del parametro seleccionado.
%   c=columna de la matriz de datos correspondiente con la
%   frecuencia seleccionada.

%selección frecuencia
disp ('SELECCION DE LA FRECUENCIA A ESTUDIAR');
disp ('Por favor, elija a qué frecuencia (Hz) a la que quiere
representar');
disp ('de entre las siguientes: ');
disp ('63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000');
frec=input('Su elección es: ');
```



```
%dependiendo de la frecuencia se toma una columna de datos distinta
c=[];
if frec==63
    c=1;
elseif frec==125
    c=2;
elseif frec==250
    c=3;
elseif frec==500
    c=4;
elseif frec==1000
    c=5;
elseif frec==2000
    c=6;
elseif frec==4000
    c=7;
elseif frec==8000
    c=8;
else
    while
        ((frec~=63) || (frec~=125) || (frec~=250) || (frec~=500) || (frec~=1000) || (
frec~=2000) || (frec~=4000) || (frec~=8000))
            disp('Error!!Frecuencia seleccionada fuera de rango')
            frec=input('Vuelva bien la frecuencia ','s');
        end
    end
end
disp(' ');disp(' ');

%selección parametro acústico
%se pide al usuario que escriba una de las opciones
disp('SELECCION DE PARÁMETRO ESTUDIAR');
disp('Por favor, elija el parámetro que quiere representa');
disp('de entre los siguientes: ');
disp('EDT, T(15),T(20),T(30),Curvature(C), Ts, SPL, SPL(Af),
D(50), C(7), C(50), C(80), U(50), U(80)');
disp('LF(80),LFC(80), Lj, Diffusivity(ss), Echo(Dietsch),
IACCearly, IACClate, IACCtotal, SPL(A)');
disp('SPL(Lin), SPL(C), STI, STI(Female), STI(Male), RASTI,
STI(expected),T(30_Avrerage)');
disp('LF(80_Avrerage), Lj(Avrerage),BR(RT), BR(SPL), SIL, AI,
Alcons(STI), Density(reflections)');
param=input('Su elección es: ','s');

end
```

13.1.4. Código función posiciones

Para la versión 11:

```
function POSMICRO=posiciones_v11(celtexto)
%Funcion que guarda las posiciones donde se han realizado las
%medidas
%ENTRADA: celda de texto con información de posiciones
%SALIDA: matriz de POSICIONES (x, y, z) donde se encuentran los
%receptores

%Se cambian las comas por puntos
ctexto=strrep(celtexto, ',', '.');
%Se eliminan las separaciones con ;
ctexto=strrep(ctexto, ';', '');
%Se quitan los paréntesis
ctexto=strrep(ctexto, '(', '');
ctexto=strrep(ctexto, ')', '');

%Se calcula el número de filas de ctexto
%Se inicializan variables
tamtex=length(ctexto); l=0;
tam=tamtex/12; POSMICRO=zeros(tam, 3);

%Se guardan las posiciones x y z de cada micro
for k=1:12:tamtex
    %Se toma una fila con información de posición
    frase=ctexto{k,1};
    %Se busca la posición donde comienzan los números, en este caso es
    %a partir de =
    posnum=strfind(frase, '=');
    %Se eliminan todos los caracteres para dejar solo los números
    frase(1:posnum)=[];
    l=l+1;
    %Se convierte de caracteres a números
    pos=str2num(frase);
    %Se van guardando las posiciones numéricas en una matriz
    POSMICRO(l,:)=pos;
end

end
```

Para la versión 12:

```
function POSMICRO=posiciones_v12(celtexto,datos)
%Funcion que guarda las posiciones donde se han realizado las
%medidas.
%ENTRADA: celda de texto con información de nombres parámetros
%acuáticos.
%
% matriz de datos con los valores de esas posiciones.
%SALIDA :matriz de POSICIONES (x,y,z) donde se encuentran los
%receptores.
```



```
%Se buscan las posiciones que empiezan por Grid
pos_elim= strncmp('Grid', celtexto,4);

%Se eliminan esas posiciones en celtexto
celtexto(pos_elim)=[];

%Se buscan posiciones en la celtexto con información de posición
pos=(strcmp('Position', celtexto));

%Se guardan los datos de posición en una matriz
POSMICRO=datos(pos,1:3);

end
```

13.1.5. Código función parametro

```
function Parametro=parametro(celtexto,param,datos,c)
%Funcion que guarda los valores del parametro a la frecuencia
%seleccionada
%ENTRADA:
% celtexto:celda de texto con información de las posiciones donde
%se encuentra el parametro seleccionado.
% param: nombre del parametro seleccionado.
% datos: matriz con todos los datos de los parámetros a cada
%frecuencia
% c:columna de la matriz de datos correspondiente a la frecuencia
% seleccionada (63Hz a 8kHz)
%SALIDA :Parametro, es la matriz con los datos de ese parametro a
%esa frecuencia.

%Se buscan y se eliminan las posiciones
%que empiezan por grid en celtexto
pos_elim= strncmp('Grid', celtexto,4);
celtexto(pos_elim)=[];

%Se buscan las posiciones en celtexto en las que aparece
%el parametro seleccionado.
pos_param=(strcmp(param, celtexto));
%Se guardan las filas del parametro seleccionado
%y la columna de la frecuencia seleccionada de la matriz datos
Parametro=datos(pos_param,c);

end
```



13.1.6. Código función normal

```
function NORMAL=normal(elemento,maximo)
%Esta funcion sirve para normalizar los valores de una matriz
%entrada: elemento, es la matriz con los valores a normalizar
%entrada: maximo, es el valor maximo de la normalización
%Salida: NORMAL, es la matriz con los valores normalizados
%entre 0-1
%a los valores -inf se les asigna el valor -1 para identificarlos y
%pintarlos de color negro.

%NORMALIZACION DE LOS VALORES
%Se calculan los valores máximos y mínimos del parametro
vmax=max(elemento);
vmin=(min(elemento));
%si el valor mínimo es -inf lo cambiamos por NaN
if vmin== -Inf
    elemento(isinf(elemento))=NaN;
    %se vuelva a calcular el mínimo sin -inf
    vmin=min(elemento);
end

%Se calcula el incremento
inc_x=0-vmin;
%Se calcula el rango
rango=vmax-vmin;
%Se calcula el valor del parametro normalizado entre 0 y 1
%xnor=(x-incx)/rango
NORMAL=( (elemento+inc_x)/rango)*maximo;

%En el vector de parámetros normalizados se da valor -1 a -inf
para
    NORMAL(isnan(NORMAL))=-1;

end
```



13.1.7. Código función grafica

```
function graf=grafica(PARNOR,POSMICRO,paso)
%Esta funcion crea una gráfica 3D de la sala, en la que cada
%posición donde
%se ha realizado la media del parametro se pinta de un color
% distinto según su valor.Los valores -inf se pintan siempre de
% negro.
% ENTRADA:
%   PARNOR, es la matriz con valores del parametro a representar
%   POSMICRO, es la matriz que contiene las posiciones (x,y,z)
% donde
%   se han realizado las medidas que se van a pintar.
%   paso:valor del incremento de los límites, empezando de 0, a
% partir
%   de los cuales cambia el color que se va a pintar esa posición.
%SALIDA:grafica

%Posiciones x,y,z de los micrófonos de la sala
x=POSMICRO(:,1);
y=POSMICRO(:,2);
z=POSMICRO(:,3);

%Seleccionar un color en funcion del valor del parámetro
for k=1:length(PARNOR)

    if (0>PARNOR(k,1))
        col=[0 0 0];

    elseif (0<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (1*paso)))
        col=[0 0 0.478];

    elseif ((1*paso)<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (2*paso)))
        col=[0.082 0.263 1];

    elseif ((2*paso)<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (3*paso)))
        col=[0.165 0.525 1];

    elseif ((3*paso)<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (4*paso)))
        col=[0.2 0.8 1];

    elseif ((4*paso)<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (5*paso)))
        col=[0.204 0.965 0.678];

    elseif ((5*paso)<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (6*paso)))
        col=[0.337 0.796 0.255];

    elseif ((6*paso)<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (7*paso)))
        col=[0.675 0.996 0.310];

    elseif ((7*paso)<=PARNOR(k,1) && (PARNOR(k,1) < (8*paso)))
        col=[0.914 1 0.125];
```



```
elseif ((8*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(9*paso))
    col=[1 1 0];

elseif ((9*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(10*paso))
    col=[1 0.827 0];

elseif ((10*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(11*paso))
    col=[1 0.655 0];

elseif ((11*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(12*paso))
    col=[1 0.455 0];

elseif ((12*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(13*paso))
    col=[1 0 0];

elseif ((13*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(14*paso))
    col=[0.843 0 0];

elseif ((14*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(15*paso))
    col=[0.580 0 0.106];

elseif ((15*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(16*paso))
    col=[0.431 0 0.302];

elseif ((16*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(17*paso))
    col=[0.588 0 0.475];

elseif ((17*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(18*paso))
    col=[0.871 0.2 0.824];

elseif ((18*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<(19*paso))
    col=[0.976 0.533 0.969];

elseif ((19*paso)<=PARNOR(k,1)) && (PARNOR(k,1)<=(20*paso))
    col=[1 0.8 1];

elseif (PARNOR(k,1)>(20*paso))
    col=[1 1 1];

end

grid on %Activar grid
hold on %Activar hold para pintar en la misma grafica

%Dibujar en 3D
    %donde s=marcador cuadrado
    %Color contorno marcador negro='MarkerEdgeColor','k'
    %Color relleno marcador ='MarkerFaceColor',[0.5 1 1]
    %Tamaño marcador='MarkerSize',6
graf=plot3(x(k,1),y(k,1),z(k,1),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor',col,'MarkerSize',6);
end
%avisar si hay valores fuera del rango elegido
if find(PARNOR>(20*paso))
    disp('ATENCIÓN!!,valores fuera de la escala, no se colorearan (cuadros en blanco).',';ATENCIÓN!!','moda')
end

end
```




13.1.8. Código función estadística

```
function ESTA=estadistica(Parametro)
%Esta funcion crea una gráfica:
%en el eje x se representan los distintos valores del parametro
%en el eje y se representan las frecuencias acumuladas en %
%también se representan el punto medio, Q1 y Q3
%ENTRADA: Parámetro, es la matriz con valores del parámetro a
representar
%SALIDA: grafica

%tamaño del vector
t=length(Parametro);
%para no tener errores se quitan los -inf sustituyendo por NaN
vmin=min(Parametro);
if vmin== -Inf
    Parametro(isinf(Parametro))=NaN;
end

%MEDIA
%sin tener en cuenta los -inf que se quitan
MEDIA=nanmean(Parametro);
%PERCENTILES de Parametro (-inf quitados)
Q1=prctile(Parametro,25);
Q3=prctile(Parametro,75);

%CALCULO VALORES EJES
[n,x]=hist(Parametro,t);
%acumulados
n=cumsum(n);

%SE PASAN LOS VALORES ACUMULADOS A PORCENTAJE
%se llama a la funcion normal
n2=normal(n,100);

%DIBUJAR
hold on %Activar hold para que se dibuje en la misma grafica
grid on %Activar la rejilla

%titulo
xlabel('Valores');ylabel('Porcentaje de datos con ese valor (%)');

%se dibujan los percentiles (25%cuadrado amarillo y (75%)cuadrado
verde.
plot(Q1,50,'s','MarkerFaceColor','y');
plot(Q3,50,'s','MarkerFaceColor','g');
%se dibuja la media (50%)y se pinta como un * rojo
plot(MEDIA,50,'*','Color','r');

%se dibuja la GRAFICA con los valores acumulados
ESTA=plot(x,n2);
%se dibuja una línea que une los percentiles de color negro
line([Q3 Q1],[50 50],'Color','k','LineWidth',1);
%se pone la leyenda en la parte izquierda abajo
legend('Q1','Q3','media','Location','SouthEast')
end
```



13.1.9. Código función dif_jnd

```
function jnd=dif_jnd(Parametro1,Parametro2,param)
%Funcion que pasa los valores la diferencia entre salas del
parametro a la frecuencia seleccionada
%a valores en jnd según el parametro.
%ENTRADA:
% Parametro1:matriz de datos del parametro y la frecuencia
seleccionada de
% la sala 1.
% Parametro2:matriz de datos del parametro y la frecuencia
seleccionada de
% la sala 2.
% param:nombre del parametro seleccionado.
%SALIDA :matriz de los valores de la diferencia en jnd entre las
dos salas.

%calcula diferencia
diferencia=abs(Parametro1-Parametro2);
%suma
suma=Parametro1+Parametro2;
%media
media=suma/2;

%Transformación a jnd
%dependiendo del parámetro seleccionado:
if strcmp(param,'EDT') %jnd=5% valor
jnd=(diferencia./media)*100/5;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'T(15)') %jnd=5% valor
jnd=(diferencia./media)*100/5;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'T(20)') %jnd=5% valor
jnd=(diferencia./media)*100/5;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'T(30)') %jnd=5% valor
jnd=(diferencia./media)*100/5;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'Curvature(C)')
jnd=diferencia;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'Ts') %jnd=10ms
jnd=diferencia/10;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;
```



```
elseif strcmp(param,'SPL')%jnd=1dB
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'SPL(Af)')%jnd=1dB
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'D(50)')%jnd=0.05
jnd=(diferencia./media)*100/0.05;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'C(7)')%jnd=1dB
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'C(50)')%jnd=1dB
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'C(80)')%jnd=1dB
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'U(50)')%jnd=1dB
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'U(80)')%jnd=1dB
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'LF(80)')%jnd=0.05dB
jnd=diferencia/0.05;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'LFC(80)')%jnd=0.05dB
jnd=diferencia/0.05;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'Lj')%jnd=1
jnd=diferencia/1;
%en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
jnd(isnan(jnd))=-1;
```



```
elseif strcmp(param, 'Diffusivity(ss)')
    jnd=diferencia;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'Echo(Dietsch)')
    jnd=diferencia;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'IACCearly') %jnd=0.08dB
    jnd=diferencia/0.08;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'IACClate') %jnd=0.08dB
    jnd=diferencia/0.08;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'IACCtotal') %jnd=0.08dB
    jnd=diferencia/0.08;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'SPL(A)') %jnd=1dB
    jnd=diferencia/1;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'SPL(Lin)') %jnd=1dB
    jnd=diferencia/1;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'SPL(C)') %jnd=1dB
    jnd=diferencia/1;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'STI') %jnd=0.03
    jnd=diferencia/0.03;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'STI(Female)') %jnd=0.03
    jnd=diferencia/0.03;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param, 'STI(Male)') %jnd=0.03
    jnd=diferencia/0.03;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;
```



```
elseif strcmp(param,'RASTI') %jnd=0.03
    jnd=diferencia/0.03;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'STI(expected)') %jnd=0.03
    jnd=diferencia/0.03;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'T(30_Avrerage)') %jnd=5% valor
    jnd=(diferencia./media)*100/5;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'LF(80_Avrerage)') %jnd=0.05dB
    jnd=diferencia/0.05;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'Lj(Avrerage)') %jnd=1
    jnd=diferencia/1;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'BR(RT)') %jnd=1dB
    jnd=diferencia/1;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'BR(SPL)') %jnd=1dB
    jnd=diferencia/1;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'SIL')
    jnd=diferencia;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'AI')
    jnd=diferencia;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'Alcons(STI)')
    jnd=diferencia;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

elseif strcmp(param,'Density(reflections)')
    jnd=diferencia;
    %en las posiciones -inf se pone -1 para que se pinten de negro
    jnd(isnan(jnd))=-1;

end
```

13.1.10. Código función error cometido

```
function [ERROR1,ERROR2]=error_cometido(Parametro1,Parametro2)
%Funcion calcula el error medio de la diferencia entre salas del
parametro a la frecuencia seleccionada
%ENTRADA:
% Parametro1:matriz de datos del parametro y la frecuencia
%seleccionada de la sala 1.
% Parametro2:matriz de datos del parametro y la frecuencia
%seleccionada de la sala 2.
%SALIDA :errores medios.

%se calcula diferencia al cuadrado
dif_cuadra=(Parametro1-Parametro2).^2;

%se pone 0 en los valores donde hay un NaN
dif_cuadra(isnan(dif_cuadra))==0;

%tamaño vector
n=length(dif_cuadra);

%se calcula el sumatorio
sumatorio=sum(dif_cuadra);

%calcular el error
ERROR1=sqrt(sumatorio/(n*(n-1)));
ERROR2=sqrt(sumatorio/(n));

end
```

13.1.11. Código función escala_jnd

```
function
[nmax,n19,n18,n17,n16,n15,n14,n13,n12,n11,n10,n9,n8,n7,n6,n5,n4,n3,n
2,n1,nmin]=escala_jnd(paso)
%Esta funcion calcula los valores de los límites de la escala de
colores
%que se utiliza como leyenda en la gráfica diferencias.
%ENTRADA: paso, es el valor de incremento de los límites al pasar
de %uno a otro.
%el paso se obtiene seleccionando una de las distintas escalas de
%jnd
%SALIDA: valores que delimitan cada color (20 separaciones)

%se calculan los diferentes límites
%que delimitan los distintos niveles de colores de la escala
nmax=paso*20;n19=paso*19;
n18=paso*18; n17=paso*17; n16=paso*16; n15=paso*15;
n14=paso*14; n13=paso*13; n12=paso*12; n11=paso*11;
n10=paso*10; n9=paso*9; n8=paso*8; n7=paso*7;
n6=paso*6; n5=paso*5; n4=paso*4; n3=paso*3;
n2=paso*2; n1=paso*1; nmin=paso*0;

end
```

13.1.12. Código función escala_param

```
function
[pmax,p95,p90,p85,p80,p75,p70,p65,p60,p55,p50,p45,p40,p35,p30,p25,p
20,p15,p10,p5,pmin]=escala_param(Parametro1,Parametro2)
%Esta funcion calcula los valores de los límites de la escala de
colores
%que se utiliza como leyenda de las gráficas de las salas 1 y 2
%Se calcularan haciendo uso de los valores de ambas salas
%Los valores -inf quedan excluidos
%se toma como:
%pmax, es el maximo de las 2 salas
%pmin, es el mínimo de las 2 salas
%el resto son los límites de la barra de colores de las 2 salas
%ENTRADA:Parametro1,Parametro2, son las matrices con los datos de
cada sala
%SALIDA: valores que delimitan cada color (20 separaciones)

%Se crea una matriz con los valores del parametro en ambas salas
Parametros=[Parametro1;Parametro2];

%para no tener errores se quitan los -inf sustituyendo por NaN
vmin=min(Parametros);%mínimo de las 2 salas
if vmin== -Inf
    Parametros(isinf(Parametros))=NaN;
    vmin=min(Parametros);
end

vmax=max(Parametros);%maximo de las 2 salas
incremento=0-vmin;
rango=vmax-vmin;
paso_barra=0.05; %maximo nor=1/20 pq hay 20 colores distintos

%Los límites serán:
pmax=max(Parametros);
p95=(19*paso_barra)*rango-incremento;
p90=(18*paso_barra)*rango-incremento;
p85=(17*paso_barra)*rango-incremento;
p80=(16*paso_barra)*rango-incremento;
p75=(15*paso_barra)*rango-incremento;
p70=(14*paso_barra)*rango-incremento;
p65=(13*paso_barra)*rango-incremento;
p60=(12*paso_barra)*rango-incremento;
p55=(11*paso_barra)*rango-incremento;
p50=(10*paso_barra)*rango-incremento;
p45=(9*paso_barra)*rango-incremento;
p40=(8*paso_barra)*rango-incremento;
p35=(7*paso_barra)*rango-incremento;
p30=(6*paso_barra)*rango-incremento;
p25=(5*paso_barra)*rango-incremento;
p20=(4*paso_barra)*rango-incremento;
p15=(3*paso_barra)*rango-incremento;
p10=(2*paso_barra)*rango-incremento;
p5=(1*paso_barra)*rango-incremento;
pmin=min(Parametros);

end
```



13.1.13. Código GUI COMPARADOR_INI

```
function varargout = COMPARADOR_INI(varargin)
% COMPARADOR_INI M-file for COMPARADOR_INI.fig
%   COMPARADOR_INI, by itself, creates a new COMPARADOR_INI or
%   raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = COMPARADOR_INI returns the handle to a new COMPARADOR_INI
%   or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   COMPARADOR_INI('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
%   calls the local
%   function named CALLBACK in COMPARADOR_INI.M with the given
%   input arguments.
%
%   COMPARADOR_INI('Property','Value',...) creates a new
%   COMPARADOR_INI or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
%   pairs are
%   applied to the GUI before COMPARADOR_INI_OpeningFcn gets
%   called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
%   application
%   stop. All inputs are passed to COMPARADOR_INI_OpeningFcn via
%   varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
%   only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help COMPARADOR_INI

% Last Modified by GUIDE v2.5 02-Jul-2013 21:00:29

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @COMPARADOR_INI_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @COMPARADOR_INI_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before COMPARADOR_INI is made visible.
```




```
function COMPARADOR_INI_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to COMPARADOR_INI (see VARARGIN)

%POSICIONAMIENTO DE LA VENTANA EN EL CENTRO DE LA PANTALLA
%coger las medidas de la pantalla
scrsz = get(0, 'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
%restar la posicion x de pantalla con la posicion de venta programa
%actual
xr=scrsz(3) - pos_act(3);
%calcular la mitad
xp=round(xr/2);
%restamos la posicion y de pantalla con la posicion de venta
programa actual
yr=scrsz(4) - pos_act(4);
%calcular la mitad
yp=round(yr/2);
%posicionar la ventana e as nuevas coordenadas
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);

%Incluir imagen fondo
%Importamos imagen *.jpg,junto con su mapa de colores
[x,map]=imread('fondoPortada.jpg','jpg');
%Representamos imagen en figura, con su mapa de colores
image(x),colormap(map),axis off,hold on

%personalizamos los botones
a=imread('Odeon_logo11.jpg');
set(handles.inicio_v11,'CData',a)
b=imread('Odeon_logo12.jpg');
set(handles.inicio_v12,'CData',b)

% Choose default command line output for COMPARADOR_INI
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes COMPARADOR_INI wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.PANEL_FONDO_INICIO);
```



```
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = COMPARADOR_INI_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes when user attempts to close PANEL_FONDO_INICIO CERRAR
function PANEL_FONDO_INICIO_CloseRequestFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to PANEL_FONDO_INICIO (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

%CERRAR VENTANA GUI
%Elegir una opción del mensaje salir (No opción marcada)
opc=questdlg('¿Desea salir del programa?', 'SALIR', 'Si', 'No', 'No');
%si se elige NO, volver a la pantalla, sino salir
if strcmp(opc, 'No')
    return;
end

% Hint: delete(hObject) closes the figure
delete(hObject);

% --- Executes on button press in inicio_v11.
function inicio_v11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to inicio_v11 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

%llamar a la funcion GUI
COMPARADOR_v11
guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in inicio_v12.
function inicio_v12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to inicio_v12 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

%llamar a la funcion GUI
COMPARADOR_v12
guidata(hObject, handles);
```



13.1.14. Código GUI COMPARADOR_v12/V11

```
function varargout = COMPARADOR_V12(varargin)
% COMPARADOR_V12 M-file for COMPARADOR_V12.fig
%   COMPARADOR_V12, by itself, creates a new COMPARADOR_V12 or
%   raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = COMPARADOR_V12 returns the handle to a new COMPARADOR_V12
%   or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   COMPARADOR_V12('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
%   calls the local
%   function named CALLBACK in COMPARADOR_V12.M with the given
%   input arguments.
%
%   COMPARADOR_V12('Property','Value',...) creates a new
%   COMPARADOR_V12 or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
%   pairs are
%   applied to the GUI before COMPARADOR_V12_OpeningFcn gets
%   called. An unrecognized property name or invalid value makes
%   property application
%   stop. All inputs are passed to COMPARADOR_V12_OpeningFcn via
%   varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
%   only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help COMPARADOR_V12

% Last Modified by GUIDE v2.5 02-Jul-2013 20:36:17

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @COMPARADOR_V12_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @COMPARADOR_V12_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
```



```
% --- Executes just before COMPARADOR_V12 is made visible.
function COMPARADOR_V12_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to COMPARADOR_V12 (see VARARGIN)

%POSICIONAMIENTO DE LA VENTANA EN EL CENTRO DE LA PANTALLA
%se toman las medidas de la pantalla
scrsz = get(0, 'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
%se resta la posicion x de pantalla con la posicion de venta
programa actual
xr=scrsz(3) - pos_act(3);
%se calcula la mitad
xp=round(xr/2);
%se resta la posicion y de pantalla con la posicion de venta
programa actual
yr=scrsz(4) - pos_act(4);
%se calcula la mitad
yp=round(yr/2);
%posicionar la ventana en las nuevas coordenadas
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);

%poner la imagen el en botón volver
%leerla
i=imread('ini.jpg');
%mostrarla
set(handles.volver_inicio,'CData',i);

%imagen barra salas
axes(handles.axes7);
barra = imread('barras.png'); %Leer imagen
axis off;
imshow(barra); %Presenta la imagen

%imagen barra jnd
axes(handles.axes9);
barra = imread('barras.png'); %Leer imagen
axis off;
imshow(barra); %Presenta la imagen

%INIZIALIZACION VARIABLES
handles.direc1=0;
handles.direc2=0;
handles.c=1;
handles.param='EDT';
handles.Parametro1=0;
handles.maximo=1;
handles.paso=0.05;

% Choose default command line output for COMPARADOR_V12
handles.output = hObject;
```



```
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes COMPARADOR_V12 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.PANEL_FONDO);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = COMPARADOR_V12_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes when user attempts to close PANEL_FONDO CERRAR
function PANEL_FONDO_CloseRequestFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to PANEL_FONDO (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

%CERRAR VENTANA GUI
%Elegir una opción del mensaje salir (No opción marcada por defecto)
opc=questdlg('¿Desea cerrar la ventana del comparador
V12?', 'SALIR', 'Si', 'No', 'No');
%si elegimos no volvemos a la pantalla, sino salimos
if strcmp(opc, 'No')
    return;
end

% Hint: delete(hObject) closes the figure
delete(hObject);

% --- Executes on button press in COMPARAR.
function COMPARAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to COMPARAR (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

%BORRAR LAS POSIBLES GRAFICAS ANTERIORES
%sala 1
axes(handles.axes1); % Establece el eje como actual
cla reset; % Borra todos los objetos del axes y resetea todas las
propiedades;
axes(handles.axes3); % Establece el eje como actual
cla reset; % Borra todos los objetos del axes y resetea todas las
propiedades;
%sala 2
axes(handles.axes2); % Establece el eje como actual
cla reset; % Borra todos los objetos del axes y resetea todas las
propiedades;
```



```
axes(handles.axes4); % Establece el eje como actual
cla reset; % Borra todos los objetos del axes y resetea todas las
propiedades;
%diferencias jnd
axes(handles.axes5); % Establece el eje como actual
cla reset; % Borra todos los objetos del axes y resetea todas las
propiedades;
axes(handles.axes6); % Establece el eje como actual
cla reset; % Borra todos los objetos del axes y resetea toda
%valores escala salas en blanco
set(handles.text_p20,'String','');
set(handles.text_p19,'String','');
set(handles.text_p18,'String','');
set(handles.text_p17,'String','');
set(handles.text_p16,'String','');
set(handles.text_p15,'String','');
set(handles.text_p14,'String','');
set(handles.text_p13,'String','');
set(handles.text_p12,'String','');
set(handles.text_p11,'String','');
set(handles.text_p10,'String','');
set(handles.text_p9,'String','');
set(handles.text_p8,'String','');
set(handles.text_p7,'String','');
set(handles.text_p6,'String','');
set(handles.text_p5,'String','');
set(handles.text_p4,'String','');
set(handles.text_p3,'String','');
set(handles.text_p2,'String','');
set(handles.text_p1,'String','');
set(handles.text_p0,'String','');
%valores escala jnd en blanco
set(handles.text_n20,'String','');
set(handles.text_n19,'String','');
set(handles.text_n18,'String','');
set(handles.text_n17,'String','');
set(handles.text_n16,'String','');
set(handles.text_n15,'String','');
set(handles.text_n14,'String','');
set(handles.text_n13,'String','');
set(handles.text_n12,'String','');
set(handles.text_n11,'String','');
set(handles.text_n10,'String','');
set(handles.text_n9,'String','');
set(handles.text_n8,'String','');
set(handles.text_n7,'String','');
set(handles.text_n6,'String','');
set(handles.text_n5,'String','');
set(handles.text_n4,'String','');
set(handles.text_n3,'String','');
set(handles.text_n2,'String','');
set(handles.text_n1,'String','');
set(handles.text_n0,'String','');
%valor error en blanco
set(handles.error_resultado1,'String','');
set(handles.error_resultado2,'String','');
%-----
```



```
%comprobar que el usuario haya introducido un archivo con el que
%realizar los cálculos
%Si no ha introducido ninguno, sacar un mensaje de error
if handles.direc1==0
    errordlg('No ha introducido los 2 archivos,no se puede comparar
nada.',';;ERROR!!','moda');

elseif handles.direc2==0
    errordlg('No ha introducido los 2 archivos,no se puede
comparar nada.',';;ERROR!!','moda');

%Si todo está bien, mostrar un mensaje para que espere unos segundos
else
    msgbox('Esta operacion puede tardar varios
segundos','CALCULANDO...','moda');

%-----
%cargar las direcciones mediante la funcion lectura_gui
[datos1, celtexto1]=lectura_gui(handles.direc1);
[datos2, celtexto2]=lectura_gui(handles.direc2);

%almacenar los datos de salida de la funcion
handles.datos1=datos1;
guidata(hObject,handles);
handles.celtexto1=celtexto1;
guidata(hObject,handles);
handles.datos2=datos2;
guidata(hObject,handles);
handles.celtexto2=celtexto2;
guidata(hObject,handles);
%-----
%Se comprueba que el parametro elegido este en el archivo

%si no está se muestra un mensaje de error
if sum(strcmp(handles.param,handles.celtexto1))==0
    errordlg('El parametro acustico elegido no se encuentra en el
archivo introducido, elija otro, por favor.',';;ERROR!!','moda');

%si se encuentra se continúa operando
else
    %-----
    %calcular el vector con las posiciones de los micrófonos
    %mediante la función posiciones_gui
    POSMICRO=posiciones_vl2(handles.celtexto1,handles.datos1);
    %almacenar los datos de salida de la funcion
    handles.POSMICRO=POSMICRO;
    guidata(hObject,handles);
    %-----

    %calcular los datos según el parametro y frecuencia seleccionada
    Parametro1=parametro(handles.celtexto1,handles.param,handles.datos
1,handles.c);
    Parametro2=parametro(handles.celtexto2,handles.param,handles.datos
2,handles.c);
```



```
%almacenar los datos de salida de la funcion
handles.Parametro1=Parametro1;
guidata(hObject,handles);
handles.Parametro2=Parametro2;
guidata(hObject,handles);
%-----
%matriz común de las dos salas
Parametros_1y2=[handles.Parametro1;handles.Parametro2];
handles.Parametros_1y2=Parametros_1y2;
guidata(hObject,handles);

%Normalizar el los parámetros respecto al maximo común
PARNOR1y2=normal(handles.Parametros_1y2,1);
%calcular donde empiezan y termina cada matriz del total
fin=length(PARNOR1y2);
mitad=fin/2;

%Las matrices normalizadas de cada una de las salas son:
PARNOR1=PARNOR1y2(1:mitad);
PARNOR2=PARNOR1y2(mitad+1:fin);

%almacenar los datos de salida de la funcion
handles.PARNOR1=PARNOR1;
guidata(hObject,handles);
handles.PARNOR2=PARNOR2;
guidata(hObject,handles);
%-----

%Una vez calculado todo, se muestra otro mensaje de
finalización del proceso
msgbox('LISTO!!','CALCULO
REALIZADO','moda');
%-----

%DIBUJOS
%dibujamos la sala en 3D por colores
%según el valor del parametro en esa posicion

%SALA 1
%graficar en axes1
axes(handles.axes1);
%llamamos a la funcion grafica para dibujar
GRAF1=grafica(handles.PARNOR1,handles.POSMICRO,0.05);
%almacenamos los datos de salida de la funcion
handles.GRAF1=GRAF1;
guidata(hObject,handles);

%Dibujo estadístico
%graficar en axes2
axes(handles.axes2);
%llamamos a la funcion estadistica para dibujar
ESTA1=estadistica(handles.Parametro1);
%almacenamos los datos de salida de la funcion
handles.ESTA1=ESTA1;
guidata(hObject,handles)
```




```
%SALA 2
%graficar en axes3
axes(handles.axes3);
%llamamos a la funcion grafica para dibujar
GRAF2=grafica(handles.PARNOR2,handles.POSMICRO,0.05);
%almacenamos los datos de salida de la funcion
handles.GRAF2=GRAF2;
guidata(hObject,handles);
```

```
Dibujo estadístico
%graficar en axes4
axes(handles.axes4);
%llamamos a la funcion estadistica para dibujar
ESTA2=estadistica(handles.Parametro2);
%almacenamos los datos de salida de la funcion
handles.ESTA2=ESTA2;
guidata(hObject,handles)
```

```
%-----
```

%llamar a la funcion que calcula los limites de la escala de colores

```
[pmax,p95,p90,p85,p80,p75,p70,p65,p60,p55,p50,p45,p40,p35,p30,p25,p2
0,p15,p10,p5,pmin]=escala_param(Parametro1,Parametro2);
```

```
%guardar
handles.pmax=pmax;guidata(hObject,handles);
handles.p95=p95;guidata(hObject,handles);
handles.p90=p90;guidata(hObject,handles);
handles.p85=p85;guidata(hObject,handles);
handles.p80=p80;guidata(hObject,handles);
handles.p75=p75;guidata(hObject,handles);
handles.p70=p70;guidata(hObject,handles);
handles.p65=p65;guidata(hObject,handles);
handles.p60=p60;guidata(hObject,handles);
handles.p55=p55;guidata(hObject,handles);
handles.p50=p50;guidata(hObject,handles);
handles.p45=p45;guidata(hObject,handles);
handles.p40=p40;guidata(hObject,handles);
handles.p35=p35;guidata(hObject,handles);
handles.p30=p30;guidata(hObject,handles);
handles.p25=p25;guidata(hObject,handles);
handles.p20=p20;guidata(hObject,handles);
handles.p15=p15;guidata(hObject,handles);
handles.p10=p10;guidata(hObject,handles);
handles.p5=p5;guidata(hObject,handles);
handles.pmin=pmin;guidata(hObject,handles);
```

%mostrar los limites de la escala de colores al lado de la barra

```
set(handles.text_p20,'String',handles.pmax);
set(handles.text_p19,'String',handles.p95);
set(handles.text_p18,'String',handles.p90);
set(handles.text_p17,'String',handles.p85);
set(handles.text_p16,'String',handles.p80);
set(handles.text_p15,'String',handles.p75);
set(handles.text_p14,'String',handles.p70);
set(handles.text_p13,'String',handles.p65);
set(handles.text_p12,'String',handles.p60);
set(handles.text_p11,'String',handles.p55);
set(handles.text_p10,'String',handles.p50);
set(handles.text_p9,'String',handles.p45);
```



```
set(handles.text_p8,'String',handles.p40);
set(handles.text_p7,'String',handles.p35);
set(handles.text_p6,'String',handles.p30);
set(handles.text_p5,'String',handles.p25);
set(handles.text_p4,'String',handles.p20);
set(handles.text_p3,'String',handles.p15);
set(handles.text_p2,'String',handles.p10);
set(handles.text_p1,'String',handles.p5);
set(handles.text_p0,'String',handles.pmin);
set(handles.text_pinf,'String','-inf');
end
end

% --- Executes on selection change in PARAMETRO.
function PARAMETRO_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to PARAMETRO (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = get(hObject,'String') returns PARAMETRO contents
% as cell array
% contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
PARAMETRO

%tomar el valor de la variable
%según el parametro elegido aparecen una serie de frecuencias
%distintas en cada caso para seleccionar:

%si se selecciona SPL(A) no se puede elegir banda de frecuencia
if isequal(get(hObject,'value'),23)
    set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona SPL(Lin) no se puede elegir banda de frecuencia
elseif isequal(get(hObject,'value'),24)
    set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona SPL(C) no se puede elegir banda de frecuencia
elseif isequal(get(hObject,'value'),25)
    set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona STI no se puede elegir banda de frecuencia
elseif isequal(get(hObject,'value'),26)
    set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona STI(Female) no se puede elegir banda de frecuencia
elseif isequal(get(hObject,'value'),27)
    set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona STI(Male) no se puede elegir banda de frecuencia
elseif isequal(get(hObject,'value'),28)
    set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona RASTI no se puede elegir banda de frecuencia
elseif isequal(get(hObject,'value'),29)
    set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')
```



```
%si se selecciona STI(expected) no se puede elegir banda de
frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),30)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona T(30_Avrerage) no se puede elegir banda de
frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),31)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona LF(80_Avrerage) no se puede elegir banda de
frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),32)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona Lj(Avreraje) no se puede elegir banda de
frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),33)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona BR(RT) no se puede elegir banda de frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),34)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona BR(SPL) no se puede elegir banda de frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),35)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona SIL no se puede elegir banda de frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),36)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona AI no se puede elegir banda de frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),37)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona Alcons(STI) no se puede elegir banda de frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),38)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%si se selecciona Density(refections) no se puede elegir banda de
frecuencia
    elseif isequal(get(hObject,'value'),39)
        set(handles.FRECUENCIA,'String','No disponible')

%para el resto de parámetros están disponibles todas las bandas de
%frecuencia
else

set(handles.FRECUENCIA,'String',{'63';'125';'250';'500';'1000';'2000';
'4000';'8000'});
end
```



```
%Obtener el valor en la lista del parametro seleccionado
val_param = get(hObject, 'Value');
%según el valor del parametro, asignaremos un string distinto a la
variable param

switch val_param

    case 1
        % El usuario seleccionó la primera opción, EDT
        param='EDT';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
    case 2
        % El usuario seleccionó la segunda opción, T(15)
        param='T(15)';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
    case 3
        % El usuario seleccionó la tercera opción, T(20)
        param='T(20)';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
    case 4
        % El usuario seleccionó la cuarta opción, T30
        param='T(30)';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
    case 5
        % El usuario seleccionó la quinta opción, Curvature(C)
        param='Curvature(C)';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
    case 6
        % El usuario seleccionó la sexta opción, Ts
        param='Ts';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
    case 7
        % El usuario seleccionó la séptima opción, SPL
        param='SPL';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
    case 8
        % El usuario seleccionó la octava opción, SPL
        param='SPL(Af)';
        %Creamos la variable param y la guardamos actualizada
        handles.param=param;
        guidata(hObject,handles);
```



```
case 9
% El usuario seleccionó la novena opción, D(50)
param='D(50)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 10
% El usuario seleccionó la décima opción, C(7)
param='C(7)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 11
% El usuario seleccionó la décimo primera opción(50)
param='C(50)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 12
% El usuario seleccionó la décimo segunda opción, C(80)
param='C(80)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 13
% El usuario seleccionó la décimo tercera opción, U(50)
param='U(50)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 14
% El usuario seleccionó la décimo cuarta opción, U(80)
param='U(80)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 15
% El usuario seleccionó la décimo quinta opción, LF(80)
param='LF(80)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 16
% El usuario seleccionó la décimo sexta opción, LFC(80)
param='LFC(80)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 17
% El usuario seleccionó la décimo séptima opción,
Diffusivity(ss)
param='Lj';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
```



```
case 18
% El usuario seleccionó la décimo octava opción, Diffusivity(ss)
param='Diffusivity(ss)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 19
% El usuario seleccionó la décimo novena opción, Echo(Dietsch)
param='Echo(Dietsch)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);

case 20
% El usuario seleccionó la 20 opción, IACC early
param='IACCearly';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 21
% El usuario seleccionó la 21 opción, IACC late
param='IACClate';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 22
% El usuario seleccionó la 22 opción, IACC total
param='IACCtotal';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 23
% El usuario seleccionó la 23 opción, SPL(A)
param='SPL(A)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 24
% El usuario seleccionó la 24 opción, SPL(Lin)
param='SPL(Lin)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 25
% El usuario seleccionó la 25 opción, SPL(C)
param='SPL(C)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 26
% El usuario seleccionó la 26 opción, STI
param='STI';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
```



```
case 27
% El usuario seleccionó la 27 opción, STI(Female)
param='STI(Female)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 28
% El usuario seleccionó la 28 opción, STI(Male)
param='STI(Male)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 29
% El usuario seleccionó la 29 opción, RASTI
param='RASTI';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 30
% El usuario seleccionó la 30 opción, STI(expected)
param='STI(expected)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 31
% El usuario seleccionó la 31 opción, T(30_avrerage)
param='T(30_avrerage)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 32
% El usuario seleccionó la 32 opción, T(80_avrerage)
param='LF(80_avrerage)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 33
% El usuario seleccionó la 33 opción, Lj(Avrerage)
param='Lj(Avrerage)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 34
% El usuario seleccionó la 34 opción, BR(SPL)
param='BR(RT)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 35
% El usuario seleccionó la 35 opción, BR(SPL)
param='BR(SPL)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 36
% El usuario seleccionó la 36 opción, SIL
param='SIL';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
```



```
case 37
% El usuario seleccionó la 37 opción, AI
param='AI';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);
case 38
% El usuario seleccionó la 38 opción, Alcons(STI)
param='Alcons(STI)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);

case 39
% El usuario seleccionó la 39 opción, Density(reflections)
param='Density(reflections)';
%Creamos la variable param y la guardamos actualizada
handles.param=param;
guidata(hObject,handles);

end

% --- Executes on selection change in FRECUENCIA.
function FRECUENCIA_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to FRECUENCIA (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = get(hObject,'String') returns FRECUENCIA
contents as cell array
%      contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
FRECUENCIA

%obtenemos valor en la lista de la frecuencia seleccionada
frec=get(handles.FRECUENCIA,'Value');

%según el valor de la frecuencia, elegimos una columna=c (referente
a la matriz de datos)
switch frec
% El usuario seleccionó la primera opción, 63Hz
case 1
c=1;
%Creamos la variable c y la guardamos actualizada
handles.c=c;
guidata(hObject,handles);
% El usuario seleccionó la segunda opción, 125Hz
case 2
c=2;
%Creamos la variable c y la guardamos actualizada
handles.c=c;
guidata(hObject,handles);
% El usuario seleccionó la tercera opción, 250Hz
case 3
c=3;
%Creamos la variable c y la guardamos actualizada
handles.c=c;
guidata(hObject,handles);
```




```
% El usuario seleccionó la cuarta opción, 500Hz
case 4
    c=4;
    %Creamos la variable c y la guardamos actualizada
    handles.c=c;
    guidata(hObject,handles);
% El usuario seleccionó la quinta opción, 1000Hz
case 5
    c=5;
    %Creamos la variable c y la guardamos actualizada
    handles.c=c;
    guidata(hObject,handles);
% El usuario seleccionó la sexta opción, 2000Hz
case 6
    c=6;
    %Creamos la variable c y la guardamos actualizada
    handles.c=c;
    guidata(hObject,handles);
% El usuario seleccionó la séptima opción, 4000Hz
case 7
    c=7;
    %Creamos la variable c y la guardamos actualizada
    handles.c=c;
    guidata(hObject,handles);
% El usuario seleccionó la octava opción, 8000Hz
case 8
    c=8;
    %Creamos la variable c y la guardamos actualizada
    handles.c=c;
    guidata(hObject,handles);
end

% --- Executes on button press in ABRIR_1.
function ABRIR_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to ABRIR_1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% ventana para seleccionar archivos(solo del tipo txt o Excel,
% permitidos)
[nom_arch1, ruta1] = uigetfile({'*.txt'; '*.xls'; '*.xlsx';},
'Seleccionar archivo');

%si no se selecciona nada aparece un mensaje de error avisando
if nom_arch1==0
    warndlg('ATENCION!! No ha seleccionado ningun
archivo.', ';;ATENCION!!', 'moda')
    return

else
%se mira el tipo de extensión del archivo
[Pathstr, nombre, ext] = fileparts (nom_arch1);
ext1=strcmp(ext, '.txt') ;
ext2=strcmp(ext, '.Txt') ;
ext3=strcmp(ext, '.xls') ;
ext4=strcmp(ext, '.xlsx') ;
```



```
if ext1==1 || ext2==1 || ext3==1 || ext4==1

%combinamos la ruta con el nombre del archivo para obtener la
direccion completa
direc1=[ruta1,nom_arch1];

%Creamos la variable direc1 y la guardamos
handles.direc1=direc1;
guidata(hObject,handles);

%si se introduce una extensión distinta
else
    %mensaje de error
    warndlg('ATENCION!!Extension archivo no conocida; Introduzca
archivos *.txt o *.xls/*.xlsx, por favor.','¡¡ATENCION!!','moda')
    return
end
    %si todo va bien, se muestra la direccion del archivo cargado
    set(handles.text_archivo1,'String',nom_arch1);
end

% --- Executes on button press in ABRIR_2.
function ABRIR_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to ABRIR_2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% ventana para seleccionar archivos(solo del tipo txt o Excel,
permitidos)
[nom_arch2, ruta2] = uigetfile({'*.txt'; '*.xls'; '*.xlsx'},
'Seleccionar archivo');

%si no se selecciona nada aparece un mensaje de error avisando
if nom_arch2==0
    warndlg('ATENCION!!No ha seleccionado ningun
archivo.','¡¡ATENCION!!','moda')
    return
else
    %se mira el tipo de extensión del archivo
    [Pathstr, nombre, ext] = fileparts (nom_arch2);
    ext1=strcmp(ext, '.txt') ;
    ext2=strcmp(ext, '.Txt') ;
    ext3=strcmp(ext, '.xls') ;
    ext4=strcmp(ext, '.xlsx') ;
    if ext1==1 || ext2==1 || ext3==1 || ext4==1
    %combinar la ruta con el nombre del archivo para obtener la
    %direccion completa
    direc2=[ruta2,nom_arch2];

    %se crea la variable direc2 y la guardamos
    handles.direc2=direc2;
    guidata(hObject,handles);
```



```
%si introducimos una extensión distinta
else
    %mensaje de error
    warndlg('ATENCION!!Extension archivo no conocida; Introduzca
archivos *.txt o *.xls/*.xlsx, por favor.','¡¡ATENCION!!','moda')
    return
end
    %si todo va bien, se muestra la direccion del archivo cargado
    set(handles.text_archivo2,'String',nom_arch2);
end

% -----
function IMPRIMIR_ClickedCallback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to IMPRIMIR (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
I = getframe(COMPARADOR_V12); %guiname: nombre de tu guide.
scrsz = get(0,'ScreenSize');
figure('Position',[1 scrsz(4)/2 scrsz(3) scrsz(4)], 'Name','Impresion
pantalla','NumberTitle','off')
imshow(I.cdata);

% --- Executes on button press in volver_inicio.
function volver_inicio_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to volver_inicio (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
COMPARADOR_INI
guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in DIFERENCIA.
function DIFERENCIA_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to DIFERENCIA (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
%Se comprueba que el usuario haya introducido un archivo
% con el que realizar los cálculos
%Si no ha introducido ninguno, se muestra un mensaje de error

if handles.Parametro1==0
    errordlg('No ha comparado, pulse COMPARAR primero, por
favor.','¡¡ERROR!!','moda');

    %Si todo está bien
else

%-----

%se llama a la funcion que calcula las diferencias en jnd
jnd=dif_jnd(handles.Parametro1,handles.Parametro2,handles.param);
%se almacenan los datos de salida de la funcion
handles.jnd=jnd;
guidata(hObject,handles);
```



```
%-----
%DIFERENCIAS EN JND
%graficar en axes5
axes(handles.axes5);
%llamar a la funcion grafica para dibujar
GRAF3=grafica(handles.jnd,handles.POSMICRO,handles.paso);
%almacenar los datos de salida de la funcion
handles.GRAF3=GRAF3;
guidata(hObject,handles);

%Dibujo estadístico
%graficar en axes6
axes(handles.axes6);
%llamar a la funcion estadistica para dibujar
ESTA3=estadistica(handles.jnd);
%almacenar los datos de salida de la funcion
handles.ESTA3=ESTA3;
guidata(hObject,handles)
%-----
[ERROR1,ERROR2]=
error_cometido(handles.Parametro1,handles.Parametro2);
%almacenar los datos de salida de la funcion
handles.ERROR1=ERROR1; guidata(hObject,handles)
handles.ERROR2=ERROR2; guidata(hObject,handles)
%mostrar el error
set(handles.error_resultado1,'String',ERROR1);
set(handles.error_resultado2,'String',ERROR2);
%-----
%llamar a la funcion que calcula los limites de la escala de
colores
[nmax,n19,n18,n17,n16,n15,n14,n13,n12,n11,n10,n9,n8,n7,n6,n5,n4,n3,n
2,n1,nmin]=escala_jnd(handles.paso);

%guardar
handles.nmax=nmax; guidata(hObject,handles);handles.n19=n19;
guidata(hObject,handles);
handles.n18=n18; guidata(hObject,handles); handles.n17=n17;
guidata(hObject,handles);
handles.n16=n16; guidata(hObject,handles); handles.n15=n15;
guidata(hObject,handles);
handles.n14=n14; guidata(hObject,handles); handles.n13=n13;
guidata(hObject,handles);
handles.n12=n12; guidata(hObject,handles); handles.n11=n11;
guidata(hObject,handles);
handles.n10=n10; guidata(hObject,handles); handles.n9=n9;
guidata(hObject,handles);
handles.n8=n8; guidata(hObject,handles); handles.n7=n7;
guidata(hObject,handles);
handles.n6=n6; guidata(hObject,handles); handles.n5=n5;
guidata(hObject,handles);
handles.n4=n4; guidata(hObject,handles); handles.n3=n3;
guidata(hObject,handles);
handles.n2=n2; guidata(hObject,handles); handles.n1=n1;
guidata(hObject,handles);
handles.nmin=nmin; guidata(hObject,handles);
```



```
%mostrar los limites de la escala de colores al lado de la barra
set(handles.text_n20,'String',handles.nmax);
set(handles.text_n19,'String',handles.n19);
set(handles.text_n18,'String',handles.n18);
set(handles.text_n17,'String',handles.n17);
set(handles.text_n16,'String',handles.n16);
set(handles.text_n15,'String',handles.n15);
set(handles.text_n14,'String',handles.n14);
set(handles.text_n13,'String',handles.n13);
set(handles.text_n12,'String',handles.n12);
set(handles.text_n11,'String',handles.n11);
set(handles.text_n10,'String',handles.n10);
set(handles.text_n9,'String',handles.n9);
set(handles.text_n8,'String',handles.n8);
set(handles.text_n7,'String',handles.n7);
set(handles.text_n6,'String',handles.n6);
set(handles.text_n5,'String',handles.n5);
set(handles.text_n4,'String',handles.n4);
set(handles.text_n3,'String',handles.n3);
set(handles.text_n2,'String',handles.n2);
set(handles.text_n1,'String',handles.n1);
set(handles.text_n0,'String',handles.nmin);
set(handles.text_ninf,'String','-inf');
end

% --- Executes on selection change in jndselec.
function jndselec_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to jndselec (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = get(hObject,'String') returns jndselec contents
as cell array
%      contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
jndselec

%Obtenemos el valor de la posicion de la lista selección escala
jnd
escala_jnd = get(hObject, 'Value');
%según el valor elegido se representara en una escala distinta
switch escala_jnd

% El usuario seleccionó la opción 1, escala entre 0-1
case 1
    maximo_jnd=1; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;          guidata(hObject,handles)
```



```
% El usuario seleccionó la opción 1, escala entre0-2
case 2
    maximo_jnd=2; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 1, escala entre0-3
case 3
    maximo_jnd=3; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 1, escala entre0-4
case 4
    maximo_jnd=4; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 1, escala entre0-4
case 5
    maximo_jnd=5; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 1, escala entre0-5
case 6
    maximo_jnd=10; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);
```



```
% El usuario seleccionó la opción 3, escala entre 0-15
case 7
    maximo_jnd=15; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 4, escala entre 0-20
case 8
    maximo_jnd=20; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 5, escala entre 0-25
case 9
    maximo_jnd=25; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 6, escala entre 0-30
case 10
    maximo_jnd=30; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 7, escala entre 0-35
case 11
    maximo_jnd=35; %valor maximo de la escala
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles_jnd);
```



```
% El usuario seleccionó la opción 8, escala entre 0-40
case 12
    maximo_jnd=40; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 9, escala entre 0-45
case 13
    maximo_jnd=45; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);

% El usuario seleccionó la opción 10, escala entre 0-50
case 14
    maximo_jnd=50; %valor maximo de la escala
    %se guarda
    handles.maximo_jnd=maximo_jnd;
    guidata(hObject,handles);
    paso_jnd=maximo_jnd/20; %la escala ira aumentando en ese valor
    empezando en 0
    %se guarda
    handles.paso_jnd=paso_jnd;
    guidata(hObject,handles);
end
```


13.2. ANEXO 2: TODOS LOS RESULTADOS T30

material absorbente	63 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	1,55	1,552	1,56	0,1278	0,1354	0,1294	1,01E-02	5,55E-04
Ref+002abs	1,54	1,542	1,55	0,2564	0,2691	0,2597	2,12E-02	1,08E-03
Ref+003abs	1,52	1,531	1,54	0,3859	0,4037	0,3909	3,15E-02	1,61E-03
Ref+004abs	1,51	1,521	1,53	0,5161	0,5333	0,5229	4,14E-02	2,11E-03
Ref+005abs	1,5	1,512	1,52	0,6472	0,6638	0,6557	5,13E-02	2,62E-03
Referencia	1,56	1,563	1,57	#	#	#	#	#
Ref-001abs	1,57	1,573	1,58	0,127	0,1388	0,1286	1,13E-02	5,76E-04
Ref-002abs	1,58	1,584	1,59	0,2532	0,2737	0,2564	2,19E-02	1,12E-03
Ref-003abs	1,59	1,595	1,6	0,3809	0,413	0,5031	3,29E-02	1,68E-03
Ref-004abs	1,6	1,606	1,61	0,5031	0,5531	0,6309	4,41E-02	2,25E-03
Ref-005abs	1,6	1,666	1,67	1,235	1,281	1,362	1,04E-01	5,30E-03

material absorbente	125 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	1,53	1,534	1,54	0,1294	0,1249	0,1303	9,86E-03	5,03E-04
Ref+002abs	1,52	1,524	1,53		0,253	0,2604	1,96E-02	1,00E-03
Ref+003abs	1,51	1,515	1,52	0,3909	0,3764	0,3934	2,90E-02	1,48E-03
Ref+004abs	1,5	1,505	1,51	0,5195	0,5036	0,5263	3,86E-02	1,97E-03
Ref+005abs	1,49	1,496	1,5	0,5298	0,6241	0,6601	4,77E-02	2,43E-03
Referencia	1,54	1,544	1,55	#	#	#	#	#
Ref-001abs	1,55	1,554	1,56	0,1286	0,1272	0,1294	1,02E-02	5,20E-04
Ref-002abs	1,56	1,564	1,57	0,2564	0,2555	0,2581	2,01E-02	1,03E-03
Ref-003abs	1,57	1,574	1,58	0,3834	0,383	0,3859	3,01E-02	1,53E-03
Ref-004abs	1,58	1,584	1,59	0,5096	0,513	0,5128	4,03E-02	2,06E-03
Ref-005abs	1,59	1,594	1,6	0,6349	0,6411	0,6431	5,05E-02	2,58E-03

material absorbente	250 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	1,74	1,756	1,76	0,1133	0,1521	0,226	1,42E-02	7,25E-04
Ref+002abs	1,73	1,743	1,75	0,2286	0,2972	0,3438	2,66E-02	1,36E-03
Ref+003abs	1,72	1,73	1,74	0,452	0,4435	0,4598	3,91E-02	1,99E-03
Ref+004abs	1,7	1,718	1,73	0,5698	0,5876	0,5831	5,15E-02	2,63E-03
Ref+005abs	1,69	1,706	1,72	0,6897	0,773	0,8069	6,40E-02	3,26E-03
Referencia	1,76	1,7659	1,78	#	#	#	#	#
Ref-001abs	1,77	1,783	1,79	0,1127	0,1519	0,2247	1,43E-02	7,30E-04
Ref-002abs	1,78	1,796	1,8	0,226	0,3016	0,3356	2,73E-02	1,39E-03
Ref-003abs	1,8	1,81	1,82	0,44444	0,4594	0,452	4,14E-02	2,11E-03
Ref-004abs	1,81	1,824	1,83	0,5571	0,661	0,6704	5,51E-02	2,81E-03
Ref-005abs	1,83	1,839	1,85	0,7671	0,7723	0,7843	6,99E-02	3,57E-03

material absorbente	500 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	1,74	1,764	1,7464	0,1127	0,1326	0,1153	1,23E-02	6,30E-04
Ref+002abs	1,73	1,752	1,76	0,2285	0,2622	0,338	2,36E-02	1,21E-03
Ref+003abs	1,72	1,741	1,75	0,3419	0,3873	0,4545	3,45E-02	1,76E-03
Ref+004abs	1,71	1,73	1,74	0,4571	0,5169	0,5731	4,56E-02	2,33E-03
Ref+005abs	1,7	1,72	1,73	0,5731	0,6382	0,6936	5,61E-02	2,86E-03
Referencia	1,76	1,775	1,79	#	#	#	#	#
Ref-001abs	1,77	1,787	1,8	0,112	0,1332	0,1146	1,25E-02	6,39E-04
Ref-002abs	1,78	1,8	1,81	0,2276	0,2694	0,3361	2,46E-02	1,26E-03
Ref-003abs	1,79	1,812	1,82	0,3361	0,4054	0,4494	3,67E-02	1,87E-03
Ref-004abs	1,81	1,825	1,83	0,551	0,5478	0,5634	4,96E-02	2,53E-03
Ref-005abs	1,82	1,837	1,85	0,663	0,6847	0,7671	6,22E-02	3,17E-03

material absorbente	1000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	1,94	1,96	1,97	0,1018	0,1536	0,2041	1,59E-02	8,13E-04
Ref+002abs	1,92	1,948	1,96	0,3023	0,2988	0,3117	2,98E-02	1,52E-03
Ref+003abs	1,91	1,933	1,94	0,4084	0,4458	0,5115	4,41E-02	2,25E-03
Ref+004abs	1,89	1,92	1,93	0,5168	0,5888	0,625	5,78E-02	2,95E-03
Ref+005abs	1,88	1,906	1,92	0,7161	0,729	0,8163	7,13E-02	3,64E-03
Referencia	1,95	1,977	1,99	#	#	#	#	#
Ref-001abs	1,97	1,992	2	0,1013	0,1549	0,202	1,62E-02	8,27E-04
Ref-002abs	1,98	2,008	2,02	0,2993	0,3144	0,3069	3,17E-02	1,62E-03
Ref-003abs	2	2,024	2,04	0,4061	0,4736	0,5063	4,78E-02	2,44E-03
Ref-004abs	2,02	2,04	2,05	0,597	0,6372	0,7018	6,45E-02	3,29E-03
Ref-005abs	2,04	2,058	2,07	0,7882	0,8069	0,8889	8,19E-02	4,18E-03

material absorbente	2000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	2,32	2,342	2,36	0,1702	0,2079	0,2548	2,50E-02	1,27E-03
Ref+002abs	2,3	2,317	2,34	0,4211	0,4176	0,432	4,91E-02	2,51E-03
Ref+003abs	2,277	2,294	2,31	0,5996	0,6215	0,6751	7,26E-02	3,71E-03
Ref+004abs	2,25	2,271	2,29	0,7775	0,8212	0,8696	9,54E-02	4,87E-03
Ref+005abs	2,23	2,249	2,27	0,9586	1,018	1,053	1,18E-01	6,01E-03
Referencia	2,35	2,366	2,38	#	#	#	#	#
Ref-001abs	2,37	2,392	2,41	0,1686	0,2145	0,2537	2,60E-02	1,33E-03
Ref-002abs	2,4	2,417	2,43	0,4158	0,4295	0,4246	5,16E-02	2,63E-03
Ref-003abs	2,43	2,444	2,46	0,5889	0,6497	0,6723	7,83E-02	4,00E-03
Ref-004abs	2,46	2,472	2,49	0,8264	0,8783	0,9148	1,06E-01	5,43E-03
Ref-005abs	2,48	2,5	2,51	1,063	1,105	1,157	1,35E-01	6,87E-03

material absorbente	4000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	2,36	2,374	2,38	0,2474	0,2317	0,2526	2,80E-02	1,43E-03
Ref+002abs	2,34	2,346	2,35	0,4211	0,4652	0,5063	5,54E-02	2,83E-03
Ref+003abs	2,31	2,321	2,33	0,6751	0,6863	0,6809	8,11E-02	4,14E-03
Ref+004abs	2,29	2,294	2,3	0,8547	0,9137	0,9422	1,07E-01	5,48E-03
Ref+005abs	2,26	2,27	2,28	1,113	1,128	1,123	1,32E-01	6,73E-03
Referencia	2,39	2,402	2,41	#	#	#	#	#
Ref-001abs	2,42	2,43	2,44	0,2464	0,2382	0,2495	2,90E-02	1,48E-03
Ref-002abs	2,45	2,459	2,47	0,4878	0,4756	0,4959	5,79E-02	2,96E-03
Ref-003abs	2,48	2,489	2,5	0,7273	0,718	0,7392	8,79E-02	4,49E-03
Ref-004abs	2,51	2,52	2,53	0,9668	0,9643	0,9796	1,19E-01	6,06E-03
Ref-005abs	2,54	2,552	2,56	1,207	1,217	1,217	1,51E-01	7,70E-03

material absorbente	8000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001abs	1,78	1,785	1,79	0,1114	0,1586	0,2235	1,50E-02	7,68E-04
Ref+002abs		1,771	1,77	0,3343	0,3143	0,3361	2,83E-02	1,45E-03
Ref+003abs	1,75	1,758	1,76	0,4494	0,4668	0,452	4,17E-02	2,13E-03
Ref+004abs	1,74	1,744	1,75	0,5634	0,6273	0,6771	5,58E-02	2,85E-03
Ref+005abs		1,731	1,73	0,7887	0,7771	0,7931	6,87E-02	3,50E-03
Referencia		1,799	1,8	#	#	#	#	#
Ref-001abs		1,802	1,8	0	0,03059	0,1108	5,25E-03	2,68E-04
Ref-002abs	1,8	1,805	1,81	0	0,05994	0,1108	7,35E-03	3,75E-04
Ref-003abs	1,8	1,808	1,81		0,09678	0,1108	9,34E-03	4,77E-04
Ref-004abs		1,811	1,81		0,1287	0,1114	1,22E-02	6,21E-04
Ref-005abs	1,81	1,813	1,82	0,1108	0,155	0,221	1,48E-02	7,57E-04

material reflectante	63 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	1,53	1,54	1,55	0,2564	0,2869	0,2614	2,27E-02	1,16E-03
Ref+002 ref	1,51	1,519	1,53	0,5195	0,5635	0,6472	4,37E-02	2,23E-03
Ref+003 ref	1,49	1,499	1,51	0,7843	0,8367	0,9121	6,43E-02	3,28E-03
Ref+004 ref	1,47	1,478	1,49	1,053	1,107	1,18	8,44E-02	4,31E-03
Ref+005 ref	1,45	1,459	1,47	1,325	1,373	1,452	1,04E-01	5,30E-03
Referencia	1,56	1,563	1,57	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	1,58	1,585	1,59	0,2532	0,2874	0,3762	2,31E-02	1,18E-03
Ref-002 ref	1,6	1,609	1,62	0,5063	0,5864	0,6309	4,69E-02	2,39E-03
Ref-003 ref	1,62	1,634	1,64	0,8723	0,8962	0,8889	7,20E-02	3,68E-03
Ref-004 ref	1,65	1,66	1,67	1,121	1,21	1,25	9,82E-02	5,01E-03
Ref-005 ref	1,68	1,6887	1,69	1,472	1,531	1,6	1,25E-01	6,39E-03

material reflectante	125 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	1,51	1,521	1,53	0,2614	0,3009	0,3883	2,35E-02	1,20E-03
Ref+002 ref	1,49	1,499	1,5	0,5263	0,5914	0,6557	4,53E-02	2,31E-03
Ref+003 ref	1,47	1,477	1,48	0,7947	0,8783	0,9302	6,66E-02	3,40E-03
Ref+004 ref	1,45	1,457	1,46	1,067	1,156	1,204	8,70E-02	4,44E-03
Ref+005 ref	1,43	1,437	1,44	1,342	1,429	1,481	1,07E-01	5,45E-03
Referencia	1,54	1,544	1,55	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	1,56	1,567	1,57	0,2564	0,3046	0,3859	2,42E-02	1,23E-03
Ref-002 ref	1,58	1,592	1,6	0,5161	0,6149	0,639	4,86E-02	2,48E-03
Ref-003 ref	1,61	1,618	1,62	0,8833	0,9357	1,013	7,44E-02	3,80E-03
Ref-004 ref	1,63	1,645	1,65	1,235	1,264	1,266	1,02E-01	5,18E-03
Ref-005 ref	1,66	1,672	1,68	1,5	1,599	1,63	1,29E-01	6,61E-03

material reflectante	250 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	1,73	1,738	1,75	0,3399	0,3497	0,3458	3,12E-02	1,59E-03
Ref+002 ref	1,7	1,71	1,72	0,678	0,6839	0,6936	6,00E-02	3,06E-03
Ref+003 ref	1,67	1,682	1,69	0,9357	1,012	1,05	8,79E-02	4,49E-03
Ref+004 ref	1,65	1,655	1,66	1,275	1,328	1,397	1,15E-01	5,84E-03
Ref+005 ref	1,62	1,629	1,64	1,543	1,644	1,667	1,41E-01	7,17E-03
Referencia	1,76	1,7659	1,78	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	1,79	1,8001	1,81	0,3361	0,3537	0,3399	3,21E-02	1,64E-03
Ref-002 ref	1,82	1,834	1,84	0,6667	0,7164	0,7756	6,55E-02	3,34E-03
Ref-003 ref	1,85	1,869	1,88	0,9972	1,099	1,111	1,02E-01	5,21E-03
Ref-004 ref	1,88	1,906	1,92	1,409	1,491	1,53	1,40E-01	7,12E-03
Ref-005 ref	1,92	1,946	1,95	1,739	1,9	1,946	1,80E-01	9,18E-03

material reflectante	500 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	1,72	1,741	1,75	0,3419	0,3885	0,452	3,48E-02	1,77E-03
Ref+002 ref	1,69	1,709	1,72	0,6936	0,7637	0,8023	6,75E-02	3,44E-03
Ref+003 ref	1,66	1,678	1,69	1,043	1,124	1,163	9,84E-02	5,02E-03
Ref+004 ref	1,64	1,649	1,66	1,393	1,476	1,525	1,28E-01	6,52E-03
Ref+005 ref	1,61	1,622	1,63	1,674	1,81	1,882	1,55E-01	7,93E-03
Referencia	1,76	1,775	1,79	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	1,79	1,811	1,82	0,338	0,339	0,4469	3,66E-02	1,87E-03
Ref-002 ref	1,82	1,849	1,86	0,7671	0,8113	0,8791	7,48E-02	3,82E-03
Ref-003 ref	1,86	1,889	1,9	1,117	1,241	1,311	1,15E-01	5,89E-03
Ref-004 ref	1,87	1,911	1,923	1,326	1,463	1,53	1,37E-01	6,99E-03
Ref-005 ref	1,89	1,933	1,95	1,538	1,691	1,804	1,59E-01	8,13E-03

material reflectante	1000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	1,91	1,937	1,95	0,404	0,4057	0,4145	4,01E-02	2,05E-03
Ref+002 ref	1,88	1,899	1,91	0,7311	0,8017	0,8333	7,82E-02	3,99E-03
Ref+003 ref	1,85	1,863	1,87	1,143	1,188	1,25	1,15E-01	5,85E-03
Ref+004 ref	1,81	1,828	1,84	1,474	1,56	1,611	1,49E-01	7,62E-03
Ref+005 ref	1,78	1,795	1,8	1,813	1,921	2,005	1,82E-01	9,30E-03
Referencia	1,95	1,977	1,99	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	1,99	2,019	2,03	0,4	0,422	0,4779	4,27E-02	2,18E-03
Ref-002 ref	2	2,03	2,05	0,4988	0,5311	0,5941	5,39E-02	2,75E-03
Ref-003 ref	2,01	2,041	2,06	0,597	0,6432	0,6948	6,55E-02	3,34E-03
Ref-004 ref	2,02	2,053	2,07	0,6983	0,7542	0,796	7,70E-01	3,93E-03
Ref-005 ref	2,038	2,065	2,08	0,796	0,8688	0,8978	8,91E-02	4,55E-03

material reflectante	2000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	2,3	2,316	2,33	0,4228	0,4258	0,432	5,02E-02	2,56E-03
Ref+002 ref	2,25	2,269	2,28	0,7809	0,8362	0,8658	9,73E-02	4,96E-03
Ref+003 ref	2,21	2,223	2,24	1,207	1,242	1,296	1,43E-01	7,30E-03
Ref+004 ref	2,17	2,179	2,19	1,586	1,643	1,685	1,87E-01	9,56E-03
Ref+005 ref	2,13	2,137	2,15	1,956	2,03	2,115	2,29E-01	1,17E-02
Referencia	2,35	2,366	2,38	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	2,36	2,376	2,39	0,08386	0,08846	0,08529	1,08E-02	5,52E-04
Ref-002 ref	2,37	2,387	2,4	0,1674	0,1733	0,1702	2,09E-02	1,07E-03
Ref-003 ref	2,38	2,397	2,42	0,2505	0,2588	0,2548	3,11E-02	1,59E-03
Ref-004 ref	2,39	2,407	2,43	0,3347	0,3455	0,3404	4,15E-02	2,12E-03
Ref-005 ref	2,4	2,418	2,44	0,4175	0,4323	0,4246	5,20E-02	2,65E-03

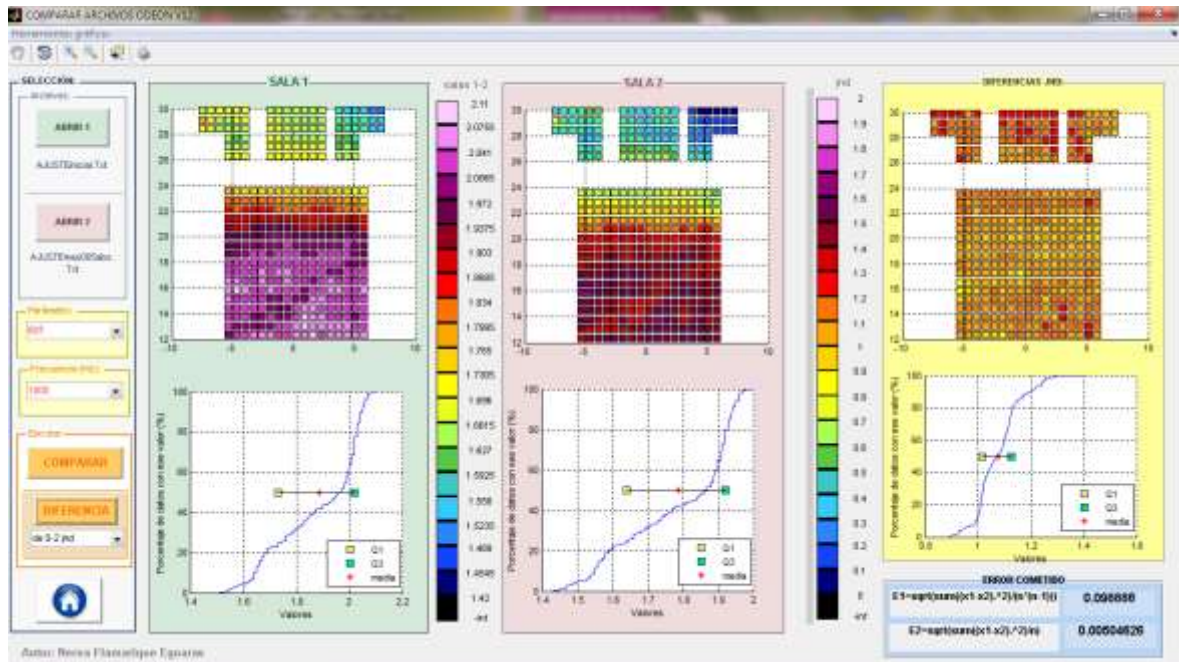
material reflectante	4000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	2,35	2,357	2,36	0,3361	0,3762	0,4193	4,50E-02	2,30E-03
Ref+002 ref	2,31	2,314	2,32	0,6838	0,7427	0,7643	8,77E-02	4,48E-03
Ref+003 ref	2,27	2,273	2,28	1,081	1,103	1,118	1,29E-01	6,58E-03
Ref+004 ref	2,23	2,233	2,24	1,39	1,457	1,475	1,69E-01	8,62E-03
Ref+005 ref	2,19	2,195	2,2	1,747	1,801	1,83	2,07E-01	1,06E-02
Referencia	2,39	2,402	2,41	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	2,4	2,411	2,42		0,07836	0,08351	9,71E-03	4,96E-04
Ref-002 ref	2,41	2,42	2,43	0,1646	0,1528	0,1667	1,88E-02	9,58E-04
Ref-003 ref	2,42	2,429	2,44	0,2451	0,2292	0,2495	2,80E-02	1,43E-03
Ref-004 ref	2,43	2,439	2,45	0,2495	0,3061	0,332	3,73E-02	1,90E-03
Ref-005 ref	2,44	2,448	2,46	0,332	0,383	0,4124	4,67E-02	2,38E-03

material reflectante	8000 Hz							
T30	Q1	media	Q3	JND			error1	error2
				Q1	medio	Q3		
Ref+001 ref	1,77	1,778	1,78	0,2235	0,2326	0,2247	2,10E-02	1,07E-03
Ref+002 ref	1,75	1,758	1,76	0,4494	0,4653	0,452	4,15E-02	2,12E-03
Ref+003 ref	1,73	1,738	1,74	0,678	0,6938	0,6818	6,15E-02	3,14E-03
Ref+004 ref	1,71	1,718	1,72	0,9091	0,9219	0,9143	8,11E-02	4,14E-03
Ref+005 ref		1,699	1,7	1,143	1,146	1,149	1,00E-01	5,12E-03
Referencia		1,799	1,8	#	#	#	#	#
Ref-001 ref	1,8	1,803	1,81	0	0,04433	0,1108	6,32E-03	3,23E-04
Ref-002 ref	1,8	1,808	1,81		0,09649	0,1108	9,33E-03	4,76E-04
Ref-003 ref		1,812	1,81	0,1108	0,1407	0,221	1,35E-02	6,87E-04
Ref-004 ref	1,81	1,816	1,82	0,1108	0,1897	0,221	1,77E-02	9,05E-04
Ref-005 ref		1,821	1,82	0,221	0,2391	0,2222	2,20E-02	1,12E-03

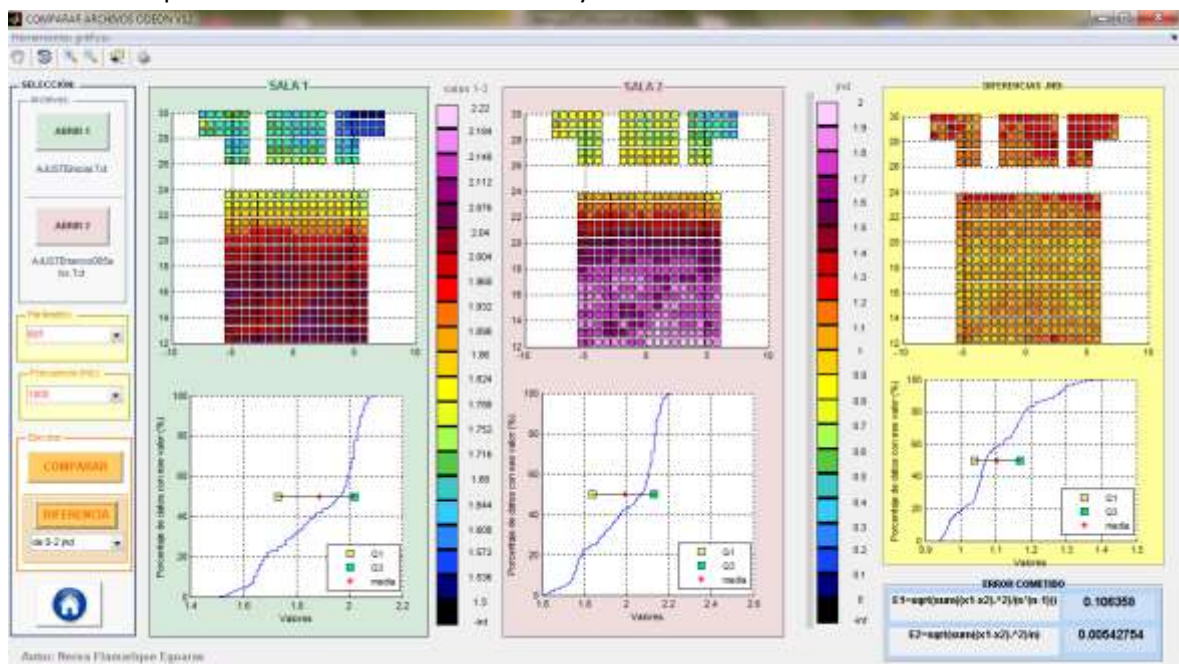
13.3. ANEXO 3: IMÁGENES COMPARADOR PARÁMETROS A 1KHZ

MATERIAL ABSORBENTE:

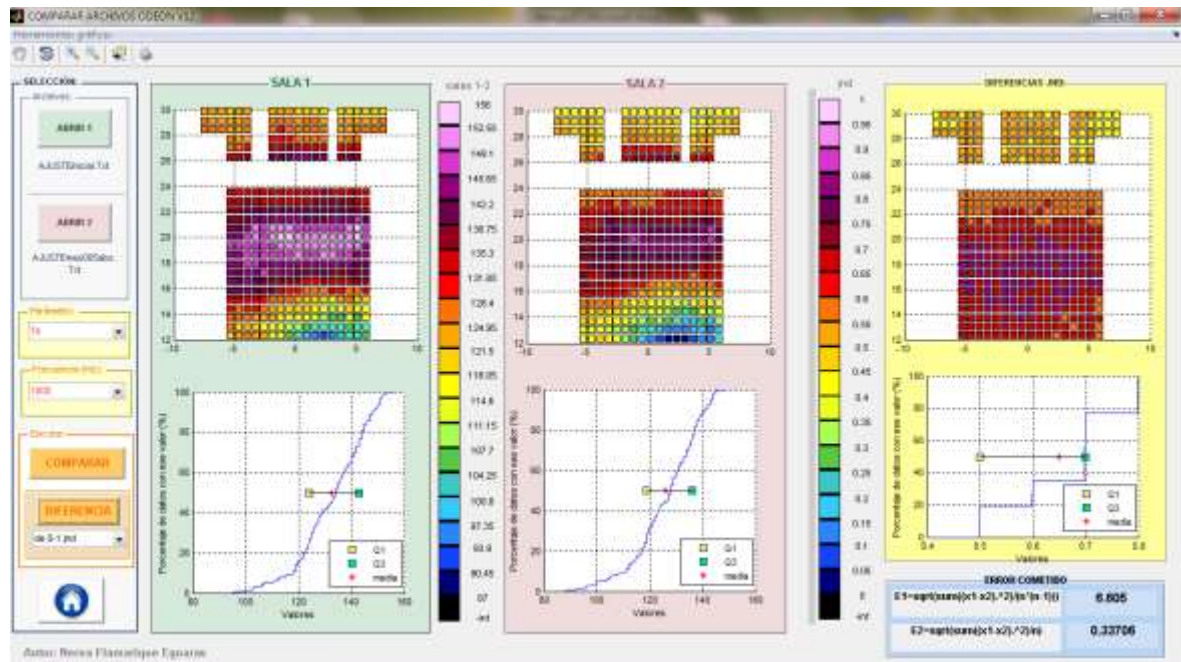
Graficas comparación EDT a 1kHz de referencia y referencia+0.05abs



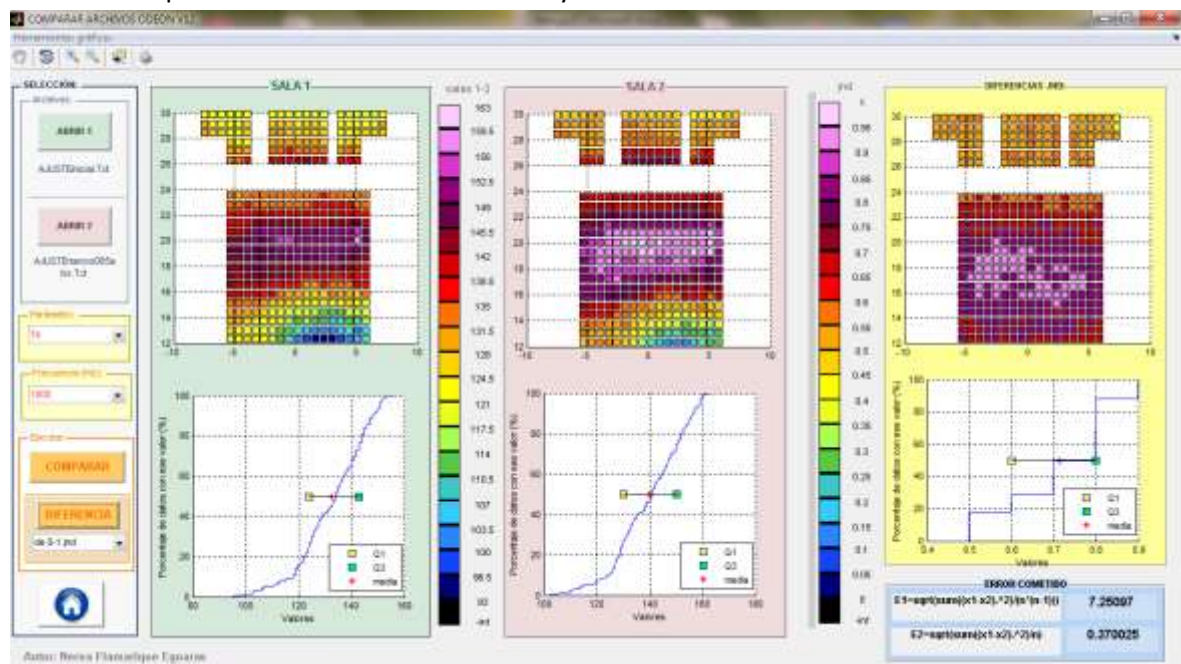
Graficas comparación EDT a 1kHz de referencia y referencia-0.05abs



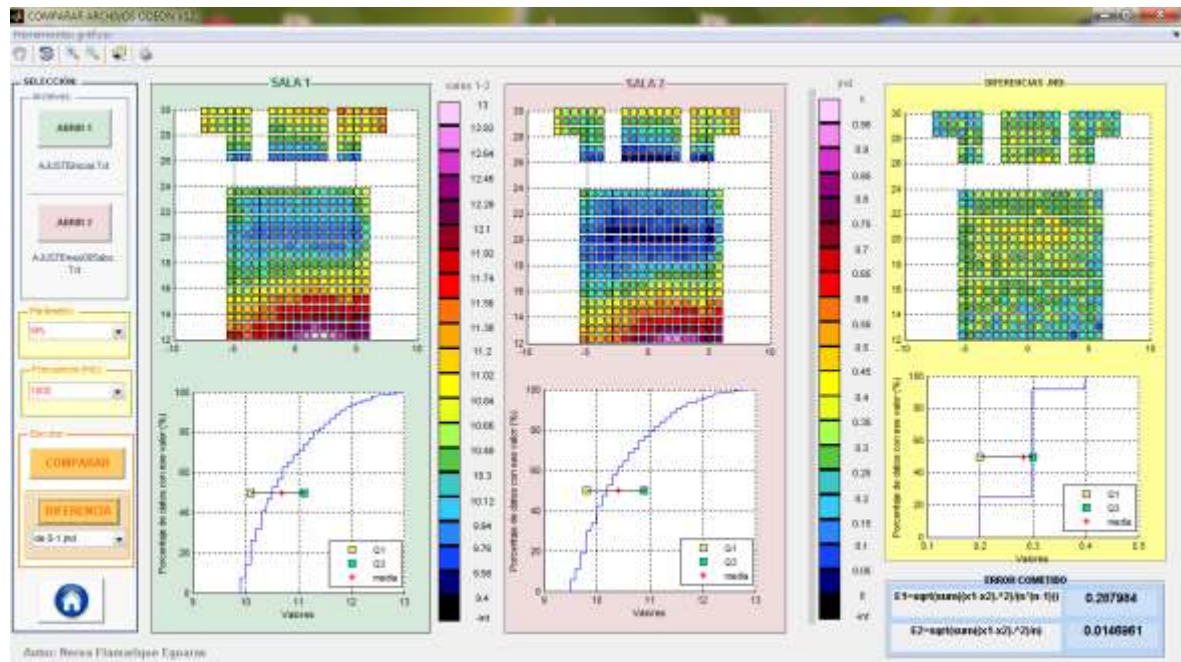
Graficas comparación Ts a 1kHz de referencia y referencia+0.05abs



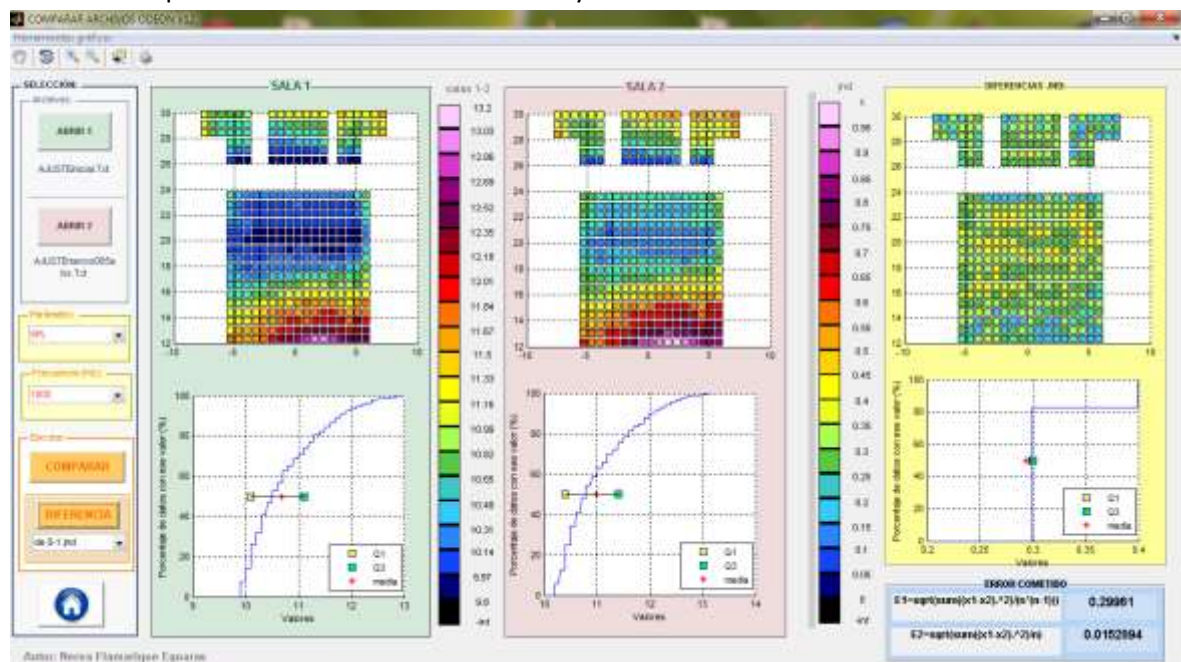
Graficas comparación Ts a 1kHz de referencia y referencia-0.05abs



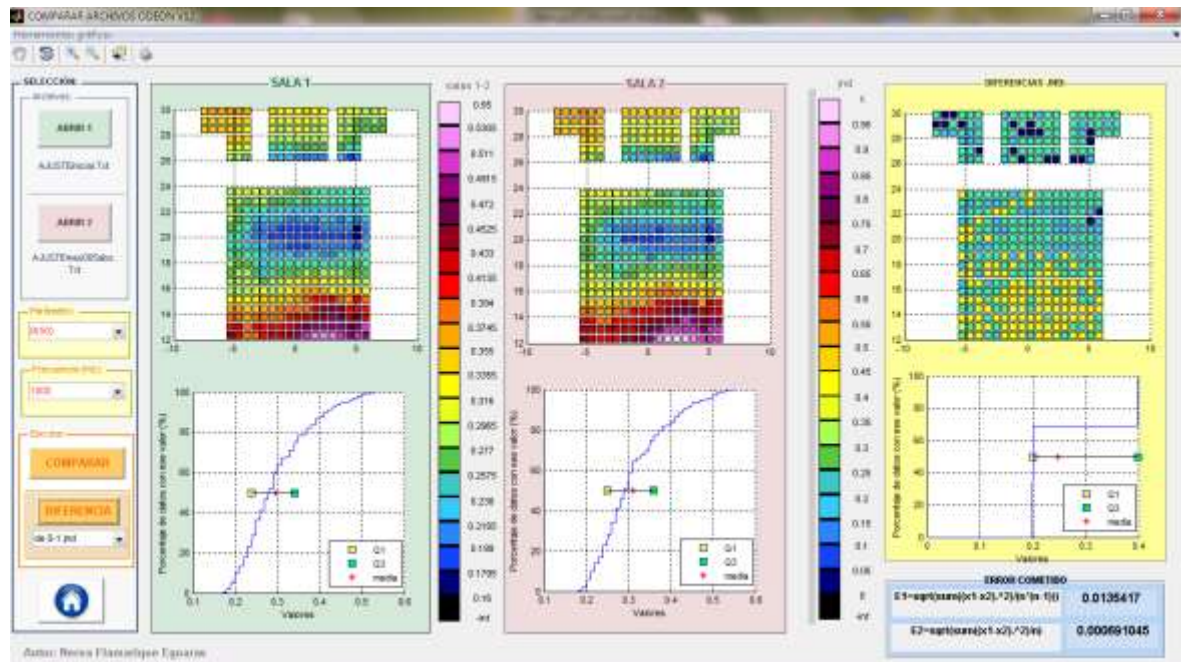
Graficas comparación SPL a 1kHz de referencia y referencia+0.05abs



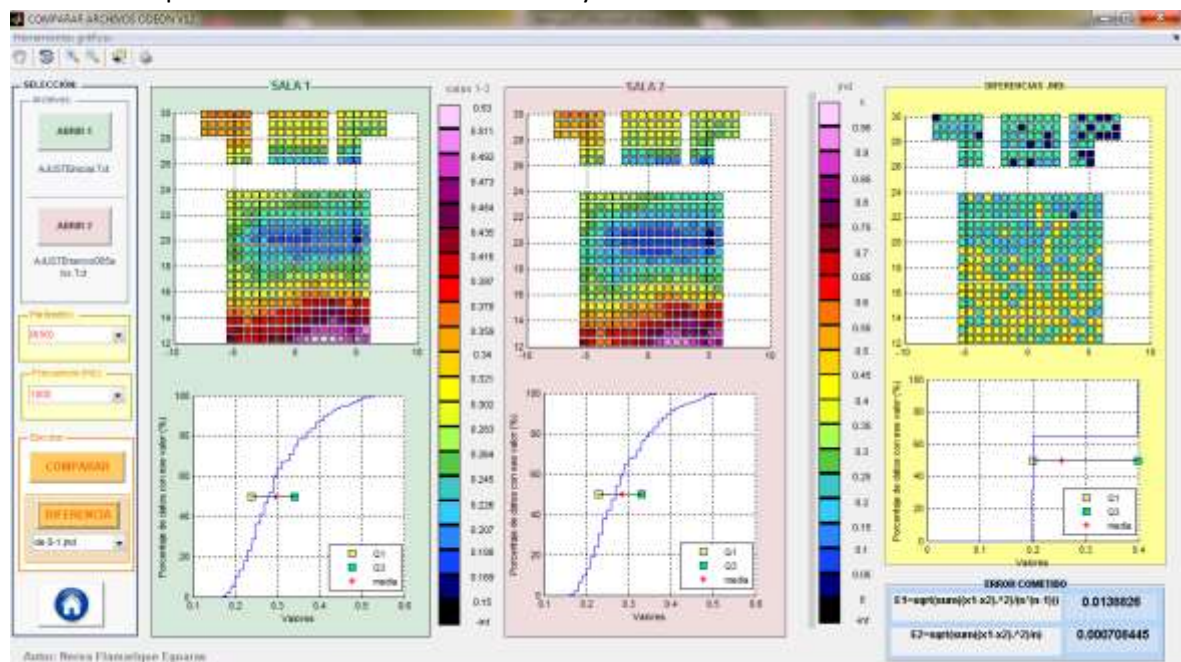
Graficas comparación SPL a 1kHz de referencia y referencia-0.05abs



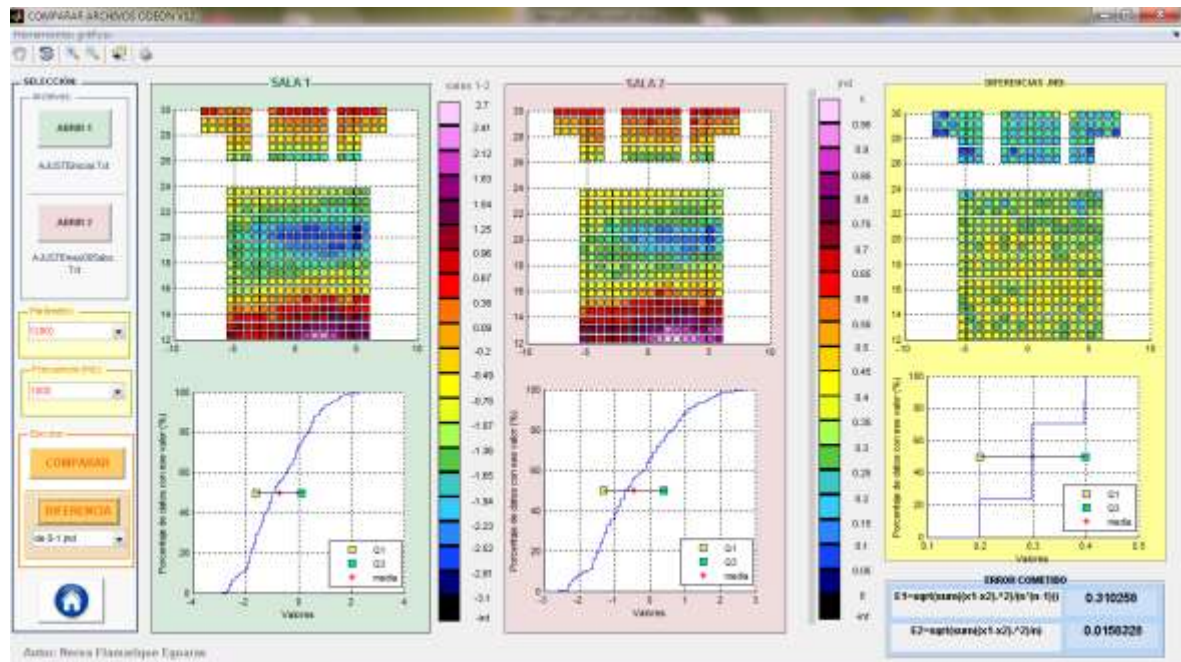
Graficas comparación D50 a 1kHz de referencia y referencia+0.05abs



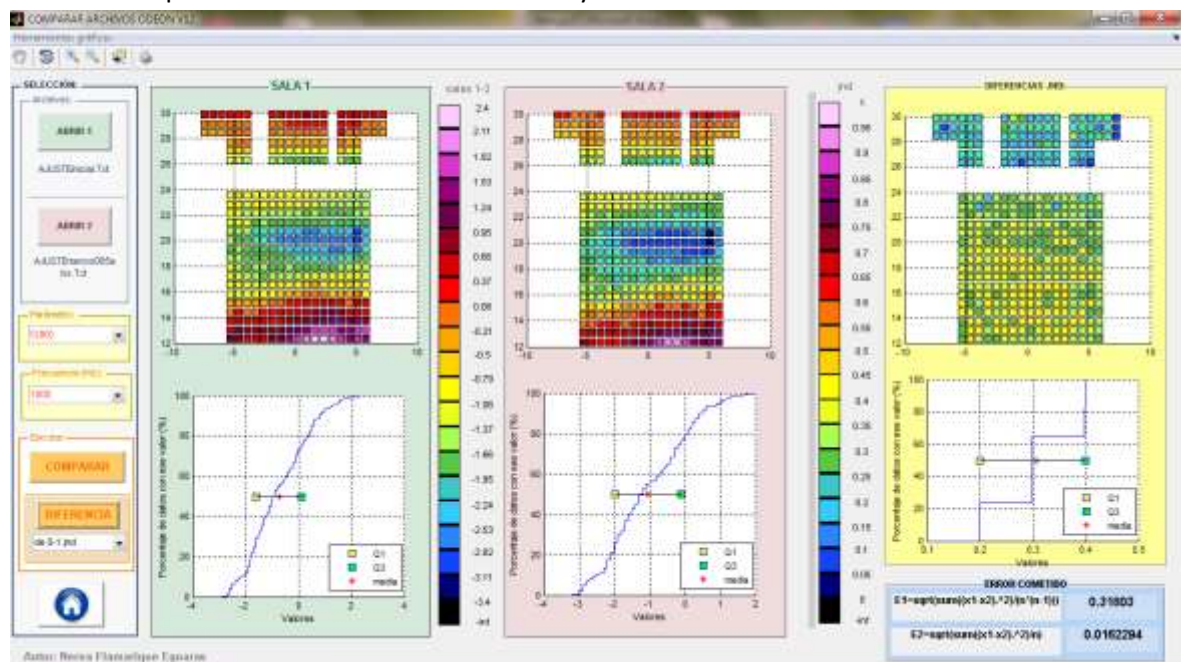
Graficas comparación D50 a 1kHz de referencia y referencia-0.05abs



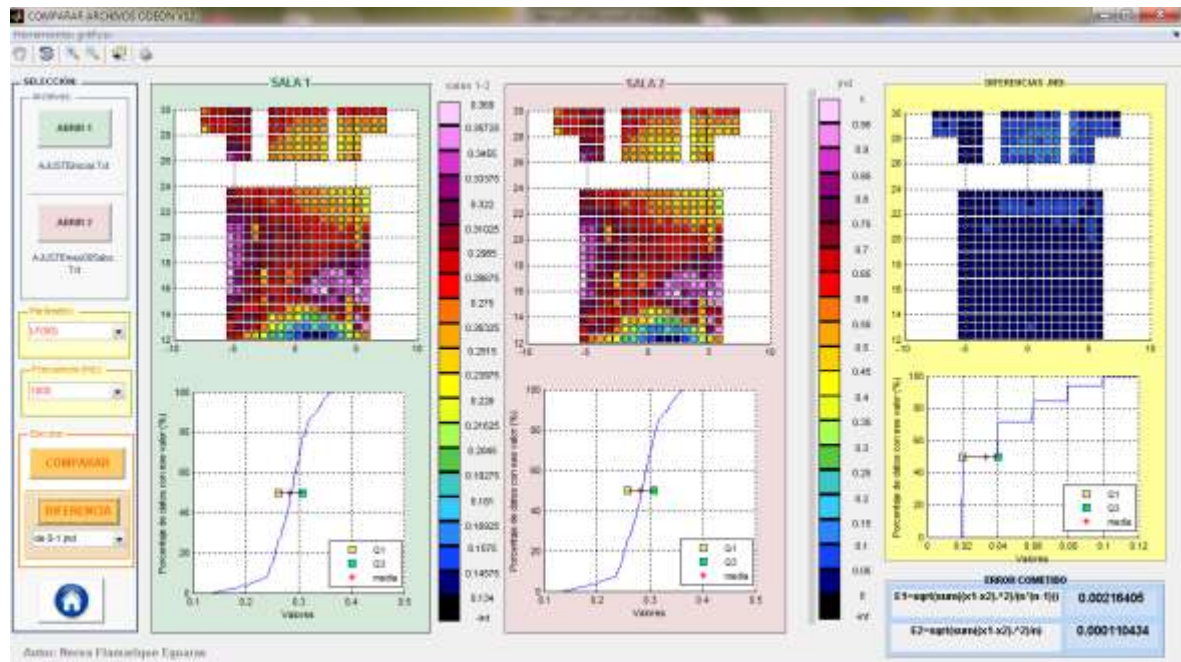
Graficas comparación C80 a 1kHz de referencia y referencia+0.05abs



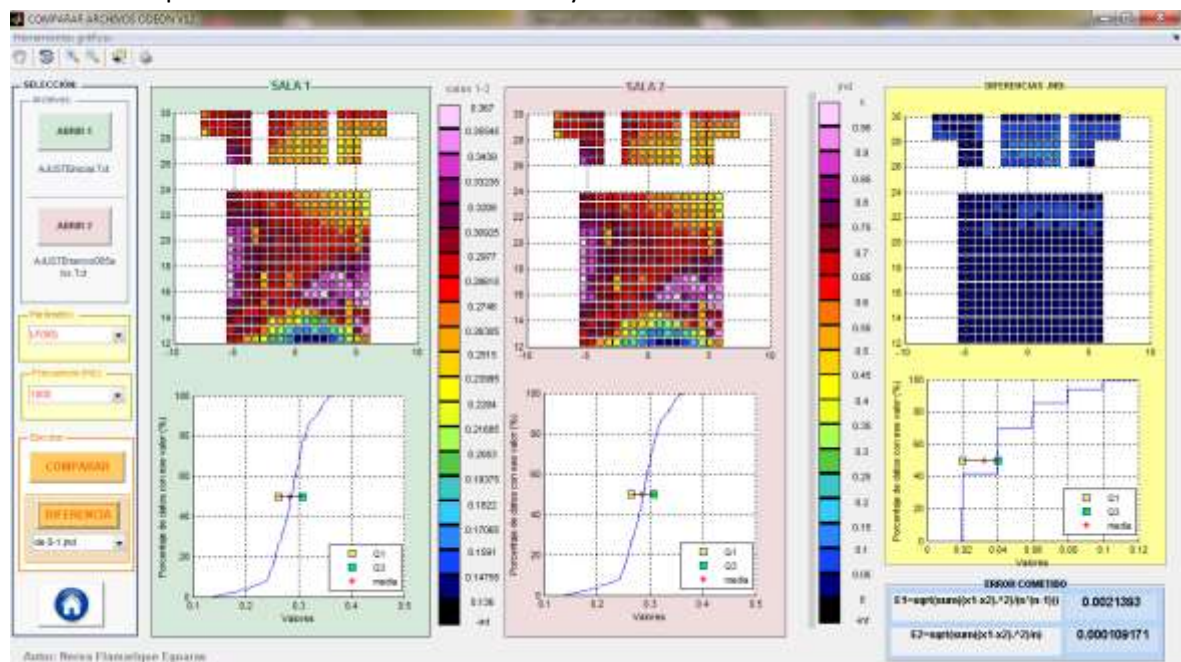
Graficas comparación C80 a 1kHz de referencia y referencia-0.05abs



Graficas comparación JLF a 1kHz de referencia y referencia+0.05abs

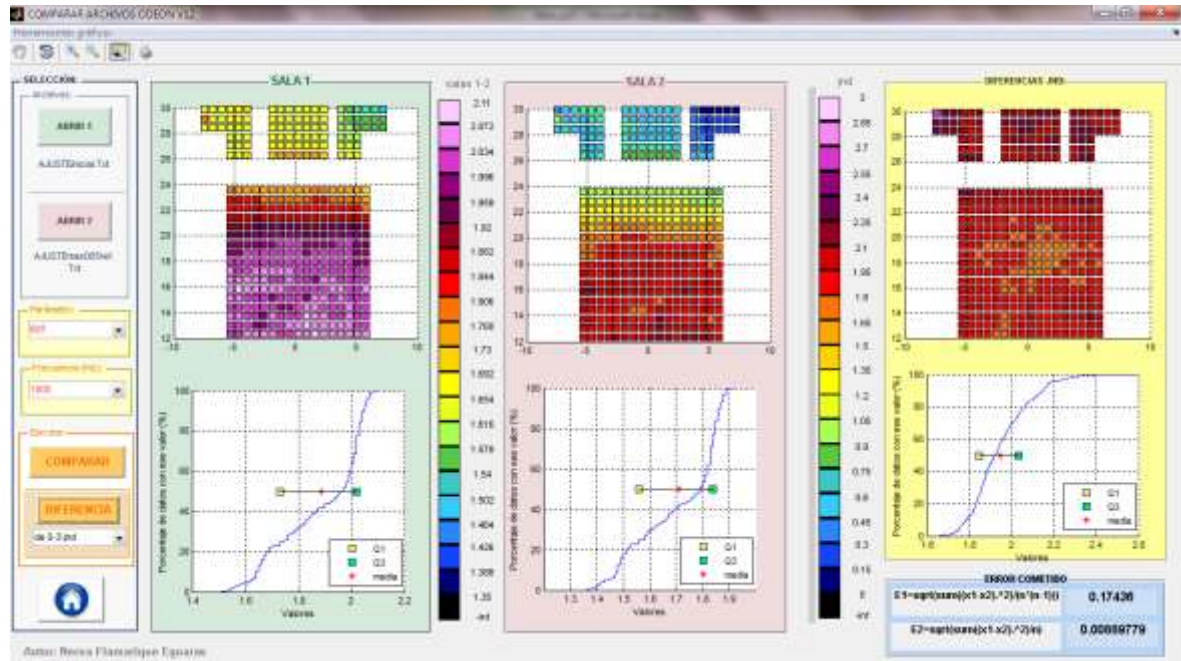


Graficas comparación JLF a 1kHz de referencia y referencia-0.05abs

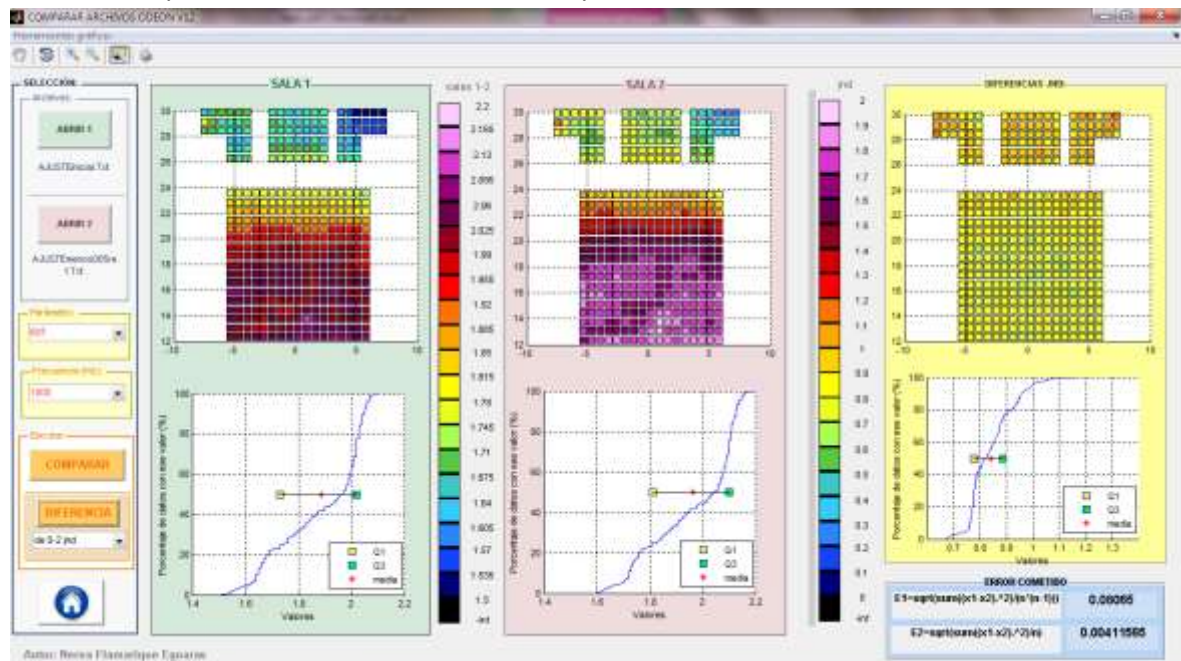


MATERIAL REFLECTANTE:

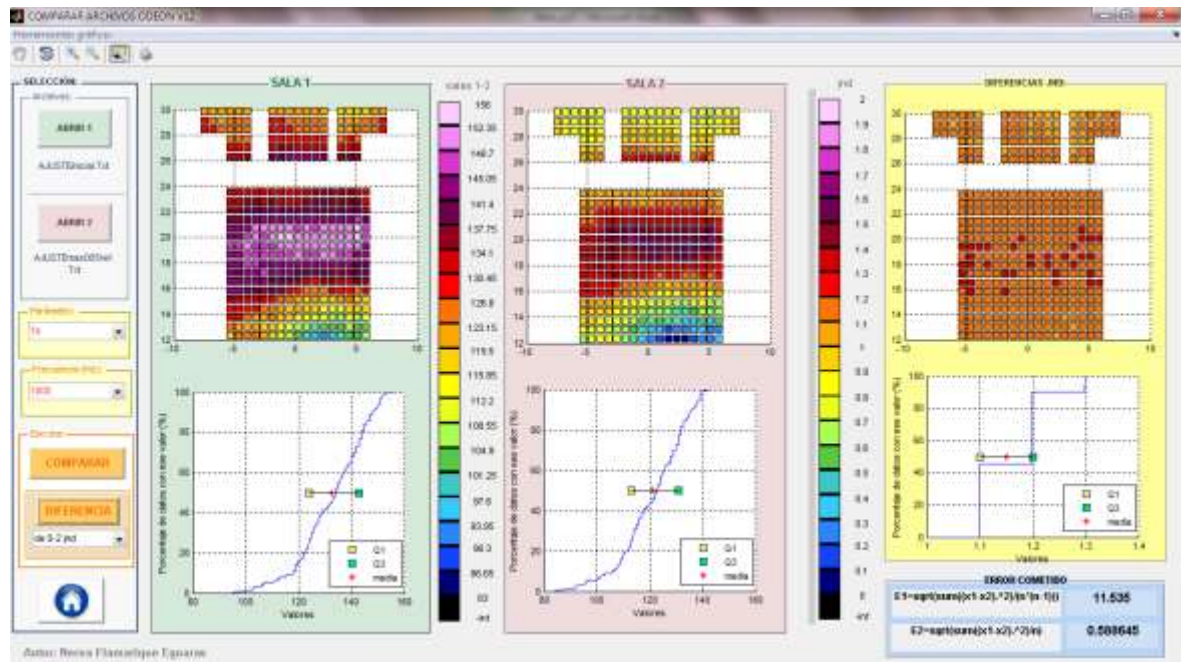
Gráficas comparación EDT a 1kHz de referencia y referencia+0.05ref



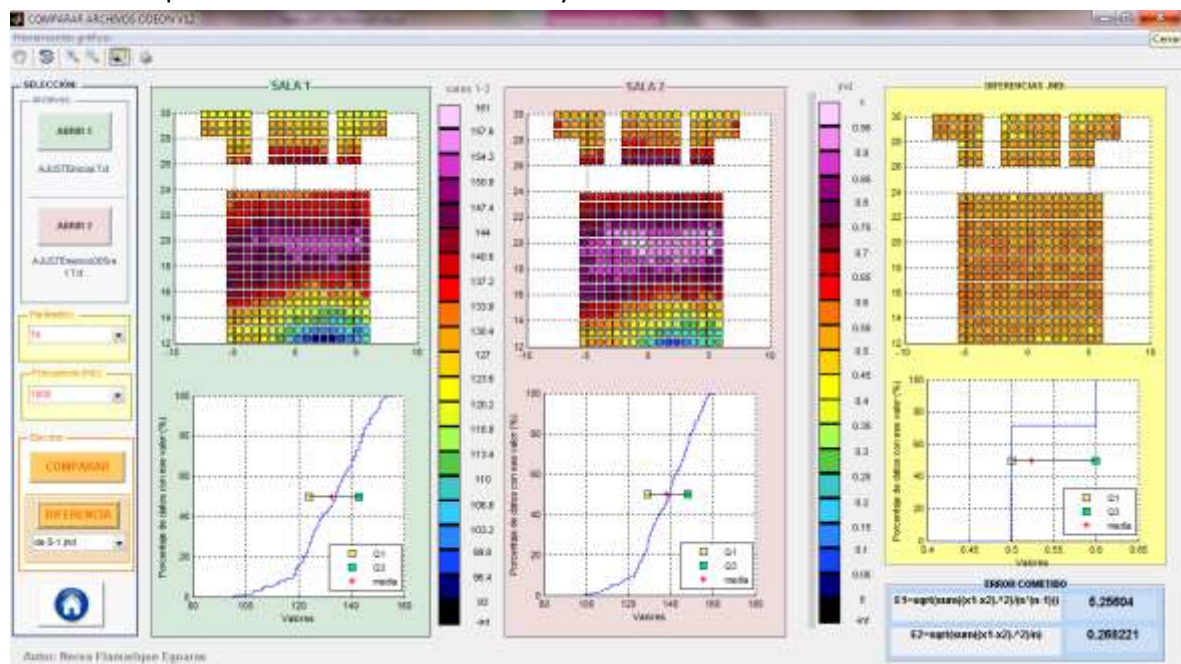
Gráficas comparación EDT a 1kHz de referencia y referencia-0.05ref



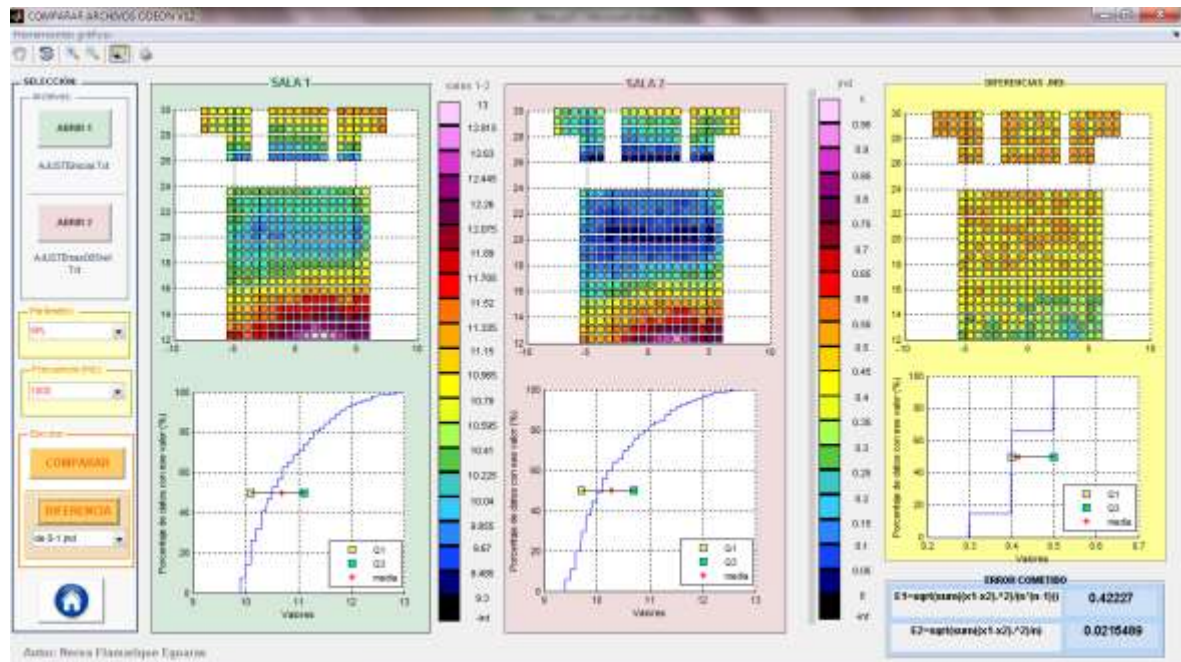
Gráficas comparación Ts a 1kHz de referencia y referencia+0.05ref



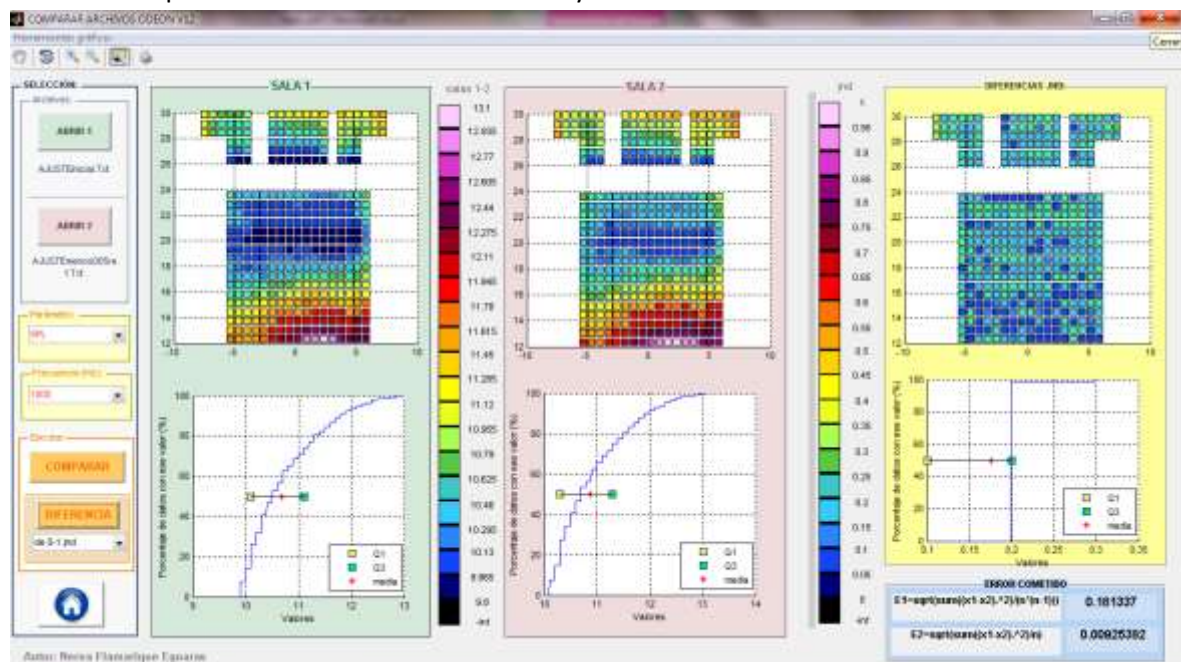
Gráficas comparación Ts a 1kHz de referencia y referencia-0.05ref



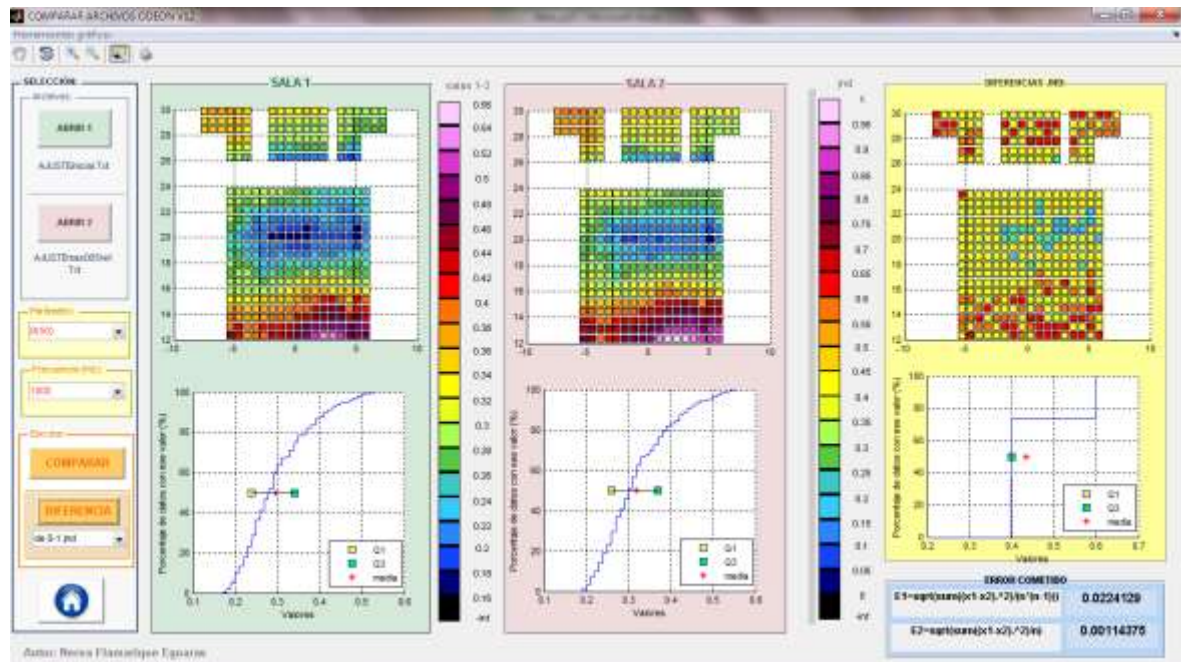
Graficas comparación SPL a 1kHz de referencia y referencia+0.05ref



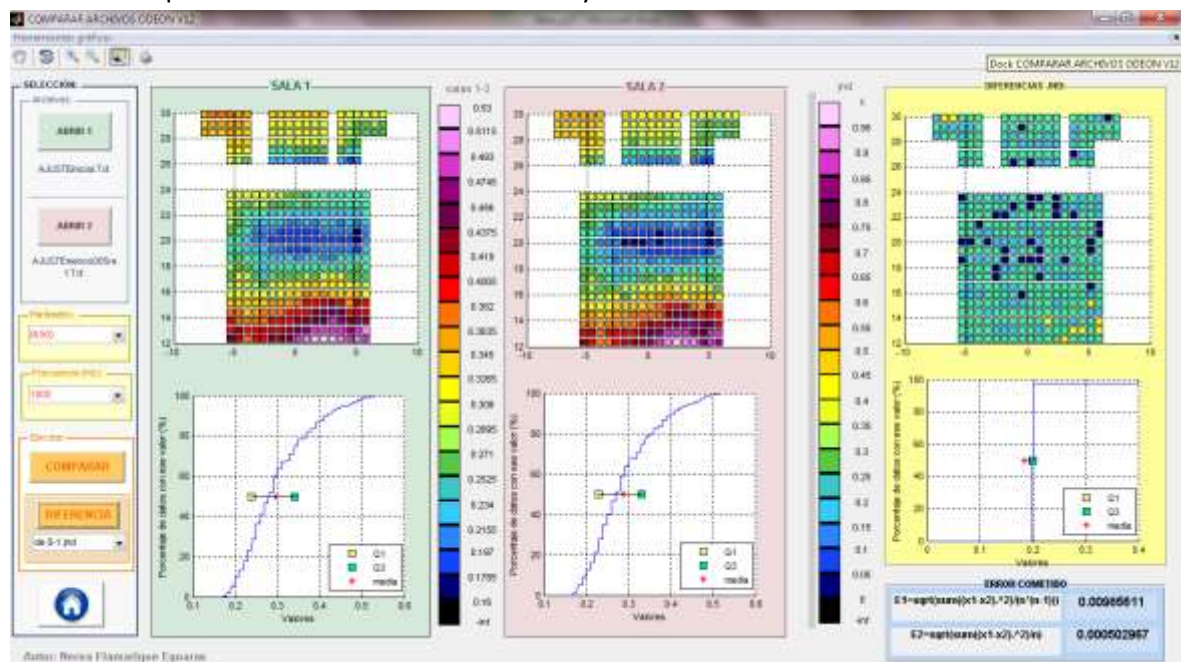
Graficas comparación SPL a 1kHz de referencia y referencia-0.05ref



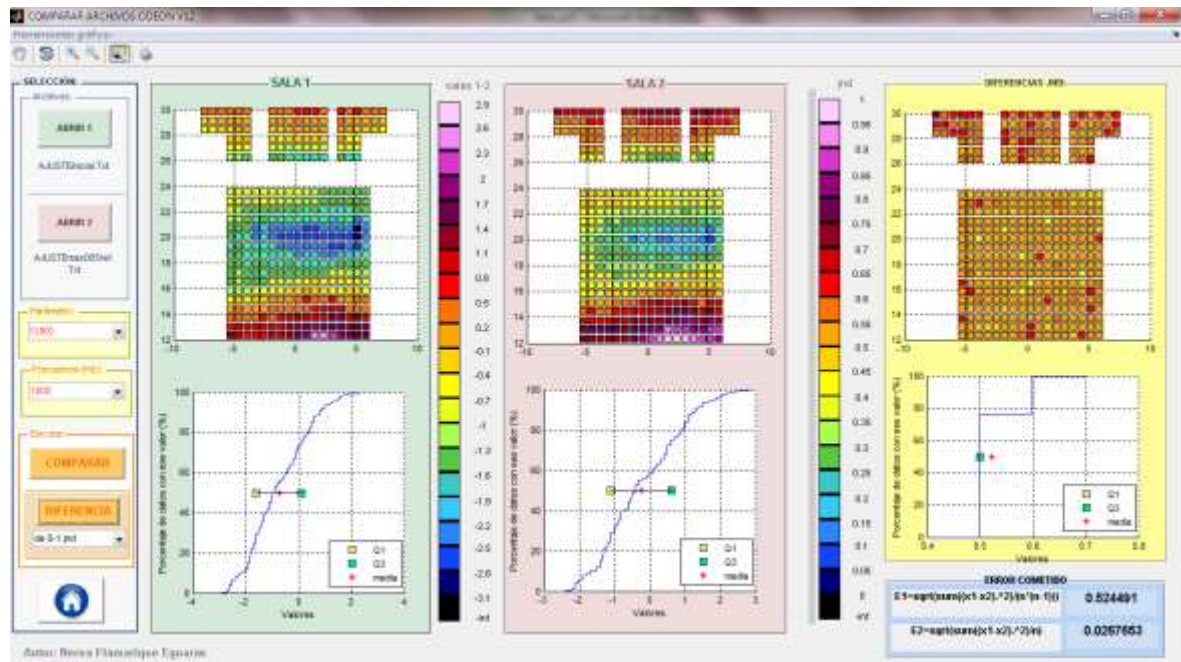
Graficas comparación D50 a 1kHz de referencia y referencia+0.05ref



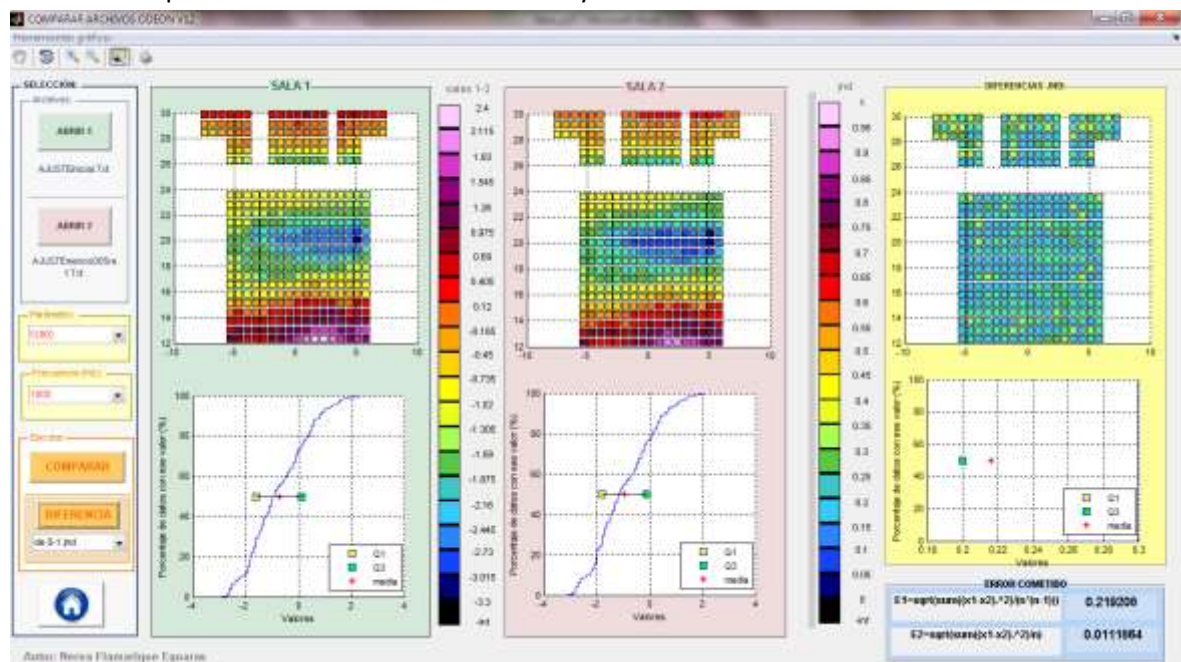
Graficas comparación D50 a 1kHz de referencia y referencia-0.05ref



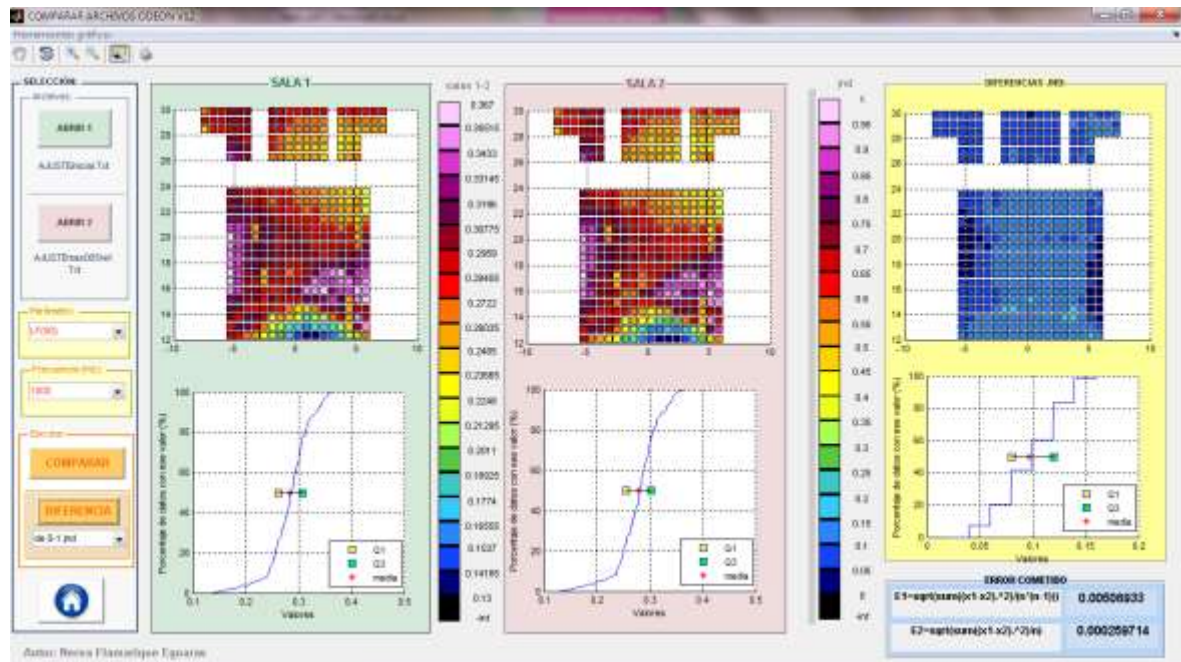
Graficas comparación C80 a 1kHz de referencia y referencia+0.05ref



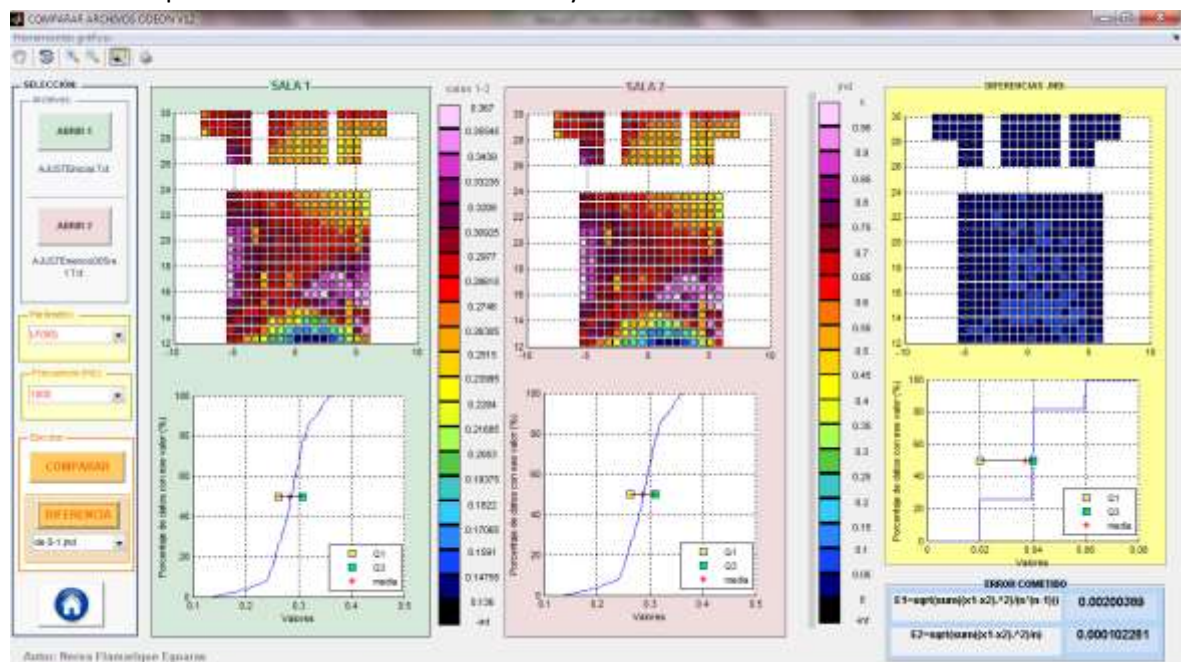
Graficas comparación C80 a 1kHz de referencia y referencia-0.05ref



Graficas comparación JLF a 1kHz de referencia y referencia+0.05ref



Graficas comparación JLF a 1kHz de referencia y referencia-0.05ref



13.4. ANEXO 4: VALORES MEDIOS PARÁMETROS

EDT (media)	material ABSORBENTE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	1,48	1,45	1,64	1,61	1,85	2,31	2,37	1,77
Ref+002ref	1,46	1,43	1,61	1,58	1,81	2,26	2,32	1,75
Ref+003ref	1,44	1,41	1,59	1,55	1,78	2,22	2,28	1,73
Ref+004ref	1,42	1,39	1,56	1,52	1,74	2,17	2,24	1,71
Ref+005ref	1,40	1,37	1,54	1,50	1,71	2,13	2,20	1,69
Referencia	1,50	1,47	1,67	1,64	1,88	2,36	2,41	1,79
Ref-001ref	1,52	1,49	1,70	1,67	1,92	2,37	2,42	1,79
Ref-002ref	1,54	1,51	1,73	1,70	1,93	2,38	2,43	1,80
Ref-003ref	1,57	1,54	1,76	1,73	1,94	2,39	2,44	1,80
Ref-004ref	1,59	1,56	1,80	1,75	1,95	2,40	2,45	1,81
Ref-005ref	1,61	1,59	1,83	1,77	1,97	2,41	2,46	1,81

EDT (media)	material REFLECTANE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	1,48	1,45	1,64	1,61	1,85	2,31	2,37	1,77
Ref+002ref	1,46	1,43	1,61	1,58	1,81	2,26	2,32	1,75
Ref+003ref	1,44	1,41	1,59	1,55	1,78	2,22	2,28	1,73
Ref+004ref	1,42	1,39	1,56	1,52	1,74	2,17	2,24	1,71
Ref+005ref	1,40	1,37	1,54	1,50	1,71	2,13	2,20	1,69
Referencia	1,50	1,47	1,67	1,64	1,88	2,36	2,41	1,79
Ref-001ref	1,52	1,49	1,70	1,67	1,92	2,37	2,42	1,79
Ref-002ref	1,54	1,51	1,73	1,70	1,93	2,38	2,43	1,80
Ref-003ref	1,57	1,54	1,76	1,73	1,94	2,39	2,44	1,80
Ref-004ref	1,59	1,56	1,80	1,75	1,95	2,40	2,45	1,81
Ref-005ref	1,61	1,59	1,83	1,77	1,97	2,41	2,46	1,81

SPL (media)	material ABSORBENTE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	10,0	9,9	10,3	10,2	10,6	11,7	11,8	10,3
Ref+002ref	10,0	9,9	10,3	10,1	10,6	11,6	11,7	10,2
Ref+003ref	9,9	9,9	10,2	10,1	10,5	11,5	11,6	10,2
Ref+004ref	9,9	9,8	10,2	10,0	10,5	11,5	11,6	10,1
Ref+005ref	9,9	9,8	10,1	10,0	10,4	11,4	11,5	10,1
Referencia	10,08	9,99	10,40	10,22	10,69	11,73	11,85	10,32
Ref-001ref	10,1	10,0	10,4	10,3	10,7	11,8	11,9	10,3
Ref-002ref	10,2	10,1	10,5	10,3	10,8	11,9	12,0	10,3
Ref-003ref	10,2	10,1	10,6	10,4	10,9	11,9	12,1	10,4
Ref-004ref	10,3	10,2	10,6	10,4	10,9	12,0	12,1	10,4
Ref-005ref	10,4	10,2	10,7	10,5	11,0	12,1	12,2	10,4

SPL (media)	material REFLECTANE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	10,02	9,92	10,32	10,14	10,61	11,63	11,75	10,25
Ref+002ref	9,95	9,85	10,25	10,06	10,52	11,54	11,66	10,19
Ref+003ref	9,88	9,78	10,17	9,99	10,44	11,44	11,57	10,12
Ref+004ref	9,81	9,72	10,10	9,91	10,35	11,35	11,48	10,05
Ref+005ref	9,75	9,65	10,03	9,84	10,27	11,26	11,39	9,99
Referencia	10,08	9,99	10,40	10,22	10,69	11,73	11,85	10,32
Ref-001ref	10,15	10,05	10,47	10,30	10,77	11,75	11,87	10,33
Ref-002ref	10,22	10,12	10,55	10,38	10,80	11,77	11,88	10,35
Ref-003ref	10,30	10,19	10,63	10,46	10,82	11,79	11,90	10,36
Ref-004ref	10,36	10,27	10,71	10,50	10,84	11,81	11,92	10,38
Ref-005ref	10,43	10,34	10,79	10,54	10,86	11,83	11,94	10,39



D(50) (media)	material ABSORBENTE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	0,40	0,41	0,36	0,34	0,30	0,24	0,23	0,29
Ref+002ref	0,40	0,41	0,36	0,34	0,30	0,25	0,24	0,29
Ref+003ref	0,40	0,41	0,36	0,34	0,30	0,25	0,24	0,29
Ref+004ref	0,40	0,41	0,37	0,35	0,31	0,25	0,24	0,29
Ref+005ref	0,41	0,41	0,37	0,35	0,31	0,25	0,24	0,30
Referencia	0,40	0,41	0,36	0,34	0,30	0,24	0,23	0,29
Ref-001ref	0,40	0,40	0,35	0,33	0,29	0,24	0,23	0,29
Ref-002ref	0,39	0,40	0,35	0,33	0,29	0,24	0,23	0,28
Ref-003ref	0,39	0,40	0,35	0,33	0,29	0,23	0,22	0,28
Ref-004ref	0,39	0,40	0,35	0,33	0,29	0,23	0,22	0,28
Ref-005ref	0,38	0,40	0,35	0,32	0,28	0,23	0,22	0,28

D(50) (media)	material REFLECTANE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	0,40	0,41	0,36	0,34	0,30	0,25	0,24	0,29
Ref+002ref	0,41	0,41	0,37	0,35	0,31	0,25	0,24	0,29
Ref+003ref	0,41	0,42	0,37	0,35	0,31	0,25	0,24	0,30
Ref+004ref	0,42	0,42	0,38	0,35	0,31	0,26	0,25	0,30
Ref+005ref	0,42	0,43	0,38	0,36	0,32	0,26	0,25	0,30
Referencia	0,40	0,41	0,36	0,34	0,30	0,24	0,23	0,29
Ref-001ref	0,39	0,40	0,35	0,33	0,29	0,24	0,23	0,29
Ref-002ref	0,39	0,40	0,35	0,33	0,29	0,24	0,23	0,28
Ref-003ref	0,38	0,39	0,34	0,32	0,29	0,24	0,23	0,28
Ref-004ref	0,38	0,39	0,34	0,32	0,29	0,24	0,23	0,28
Ref-005ref	0,38	0,38	0,33	0,32	0,29	0,24	0,23	0,28

C(80) (media)	material ABSORBENTE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	1,06	1,24	0,36	0,12	-0,68	-1,99	-2,26	-0,90
Ref+002ref	1,10	1,28	0,41	0,19	-0,62	-1,92	-2,18	-0,85
Ref+003ref	1,14	1,32	0,46	0,23	-0,56	-1,85	-2,12	-0,80
Ref+004ref	1,19	1,37	0,52	0,29	-0,50	-1,79	-2,05	-0,75
Ref+005ref	1,23	1,41	0,57	0,35	-0,44	-1,72	-1,98	-0,70
Referencia	1,01	1,19	0,30	0,07	-0,74	-2,06	-2,33	-0,94
Ref-001ref	0,97	1,15	0,25	0,02	-0,80	-2,13	-2,40	-0,95
Ref-002ref	0,92	1,11	0,20	-0,04	-0,86	-2,20	-2,47	-0,96
Ref-003ref	0,88	1,06	0,14	-0,10	-0,93	-2,27	-2,54	-0,97
Ref-004ref	0,83	1,02	0,09	-0,15	-0,99	-2,34	-2,61	-0,98
Ref-005ref	0,59	0,98	0,03	-0,21	-1,05	-2,42	-2,69	-0,99

C(80) (media)	material REFLECTANE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	1,11	1,29	0,41	0,17	-0,64	-1,95	-2,22	-0,87
Ref+002ref	1,20	1,38	0,51	0,27	-0,53	-1,83	-2,12	-0,79
Ref+003ref	1,29	1,47	0,60	0,37	-0,43	-1,72	-2,01	-0,72
Ref+004ref	1,38	1,57	0,70	0,47	-0,32	-1,62	-1,91	-0,64
Ref+005ref	1,48	1,66	0,80	0,57	-0,22	-1,51	-1,81	-0,57
Referencia	1,01	1,19	0,30	0,07	-0,74	-2,06	-2,33	-0,94
Ref-001ref	0,92	1,10	0,20	-0,03	-0,85	-2,08	-2,35	-0,96
Ref-002ref	0,82	1,00	0,10	-0,13	-0,88	-2,11	-2,37	-0,97
Ref-003ref	0,73	0,91	0,00	-0,24	-0,91	-2,13	-2,39	-0,99
Ref-004ref	0,64	0,81	-0,11	-0,29	-0,93	-2,15	-2,41	-1,00
Ref-005ref	0,54	0,71	-0,21	-0,35	-0,96	-2,17	-2,44	-1,02

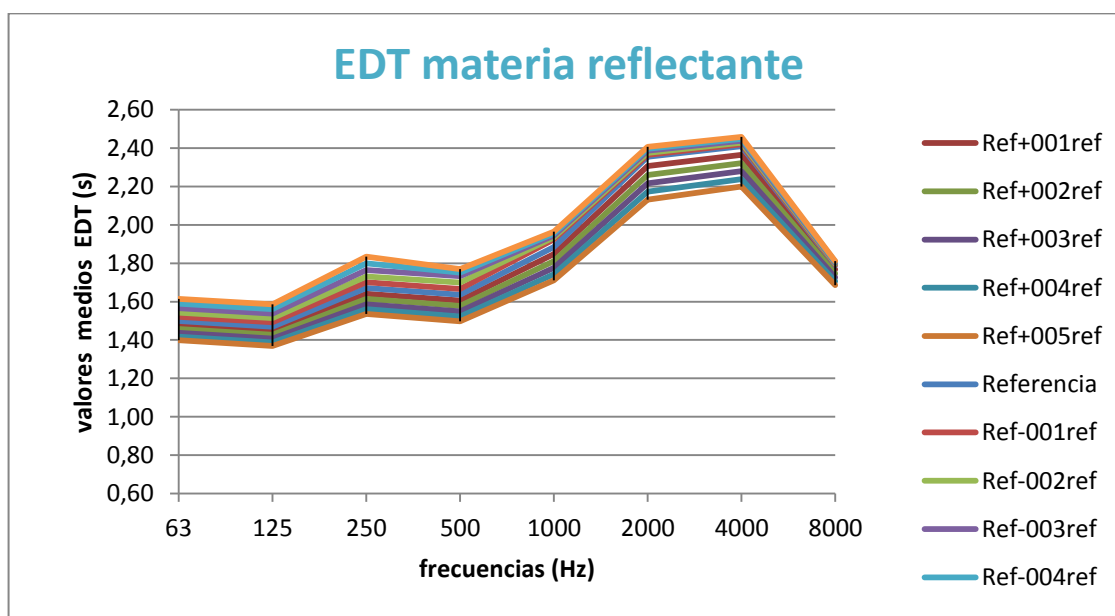
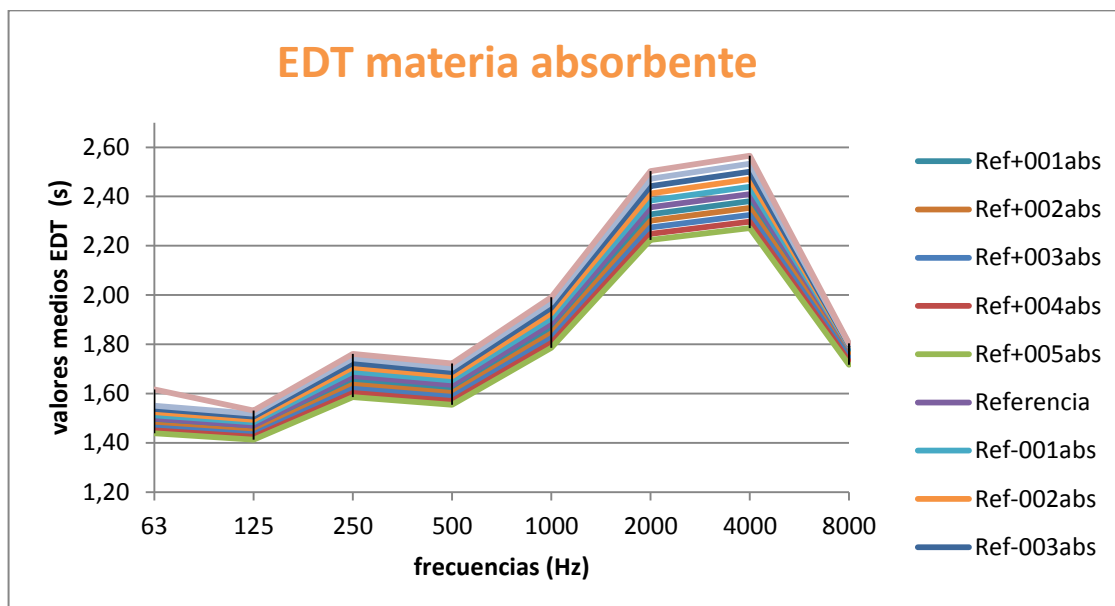
Ts (media)	material ABSORBENTE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	100,66	98,35	113,09	114,68	131,24	163,87	169,61	130,54
Ref+002ref	99,90	97,63	112,02	113,63	129,89	161,92	167,54	129,50
Ref+003ref	99,15	96,89	110,99	112,61	128,62	160,01	165,55	128,47
Ref+004ref	98,40	96,23	109,95	111,57	127,33	158,13	163,54	127,42
Ref+005ref	97,68	95,48	108,96	110,58	126,08	156,32	161,58	126,42
Referencia	101,44	99,11	114,16	115,76	132,57	165,89	171,77	131,61
Ref-001ref	102,25	99,85	115,23	116,87	133,94	167,93	173,92	131,84
Ref-002ref	103,05	100,63	116,34	117,94	135,35	170,04	176,17	132,03
Ref-003ref	103,88	101,37	117,46	119,04	136,74	172,19	178,43	132,26
Ref-004ref	104,73	102,16	118,62	120,20	138,21	174,38	180,81	132,47
Ref-005ref	109,15	102,93	119,77	121,38	139,70	176,67	183,21	132,74

Ts (media)	material REFLECTANE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	99,95	97,61	112,19	113,77	130,11	162,50	168,50	130,06
Ref+002ref	98,48	96,16	110,32	111,84	127,70	159,28	165,43	128,47
Ref+003ref	97,05	94,73	108,52	109,98	125,44	156,16	162,40	127,00
Ref+004ref	95,65	93,37	106,75	108,18	123,24	153,19	159,51	125,52
Ref+005ref	94,31	91,99	105,03	106,41	121,06	150,29	156,72	124,07
Referencia	101,44	99,11	114,16	115,76	132,57	165,89	171,77	131,61
Ref-001ref	103,02	100,66	116,16	117,86	135,11	166,57	172,41	131,95
Ref-002ref	104,57	102,22	118,23	120,02	135,81	167,27	173,06	132,25
Ref-003ref	106,25	103,89	120,39	122,22	136,46	167,99	173,75	132,58
Ref-004ref	107,92	105,54	122,64	123,36	137,10	168,69	174,44	132,92
Ref-005ref	109,66	107,27	124,99	124,54	137,80	169,41	175,09	133,22

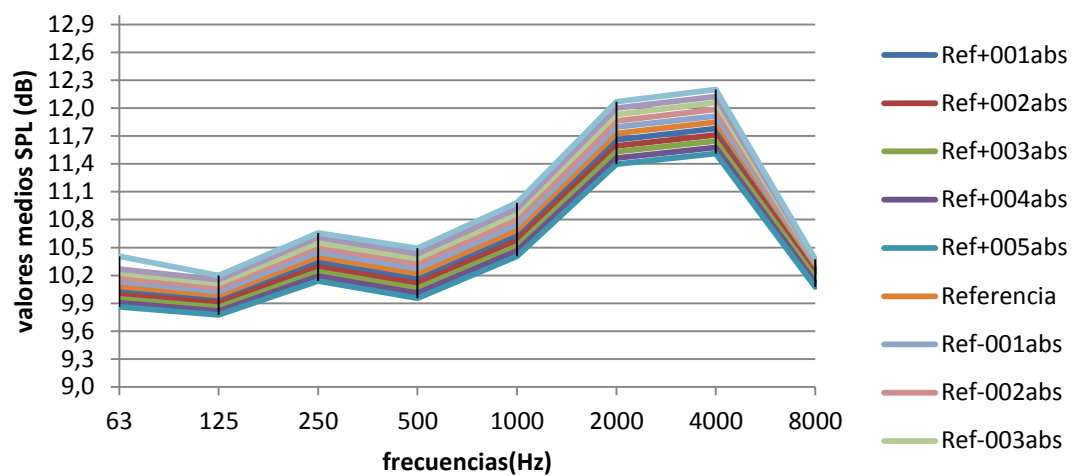
JLF (media)	material ABSORBENTE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+002ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+003ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+004ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+005ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Referencia	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-001ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-002ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-003ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-004ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-005ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29

JLF (media)	material REFLECTANE							
	frecuencias (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ref+001ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+002ref	0,24	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+003ref	0,24	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+004ref	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref+005ref	0,24	0,24	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29
Referencia	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-001ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-002ref	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-003ref	0,25	0,25	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29
Ref-004ref	0,25	0,25	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29
Ref-005ref	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29

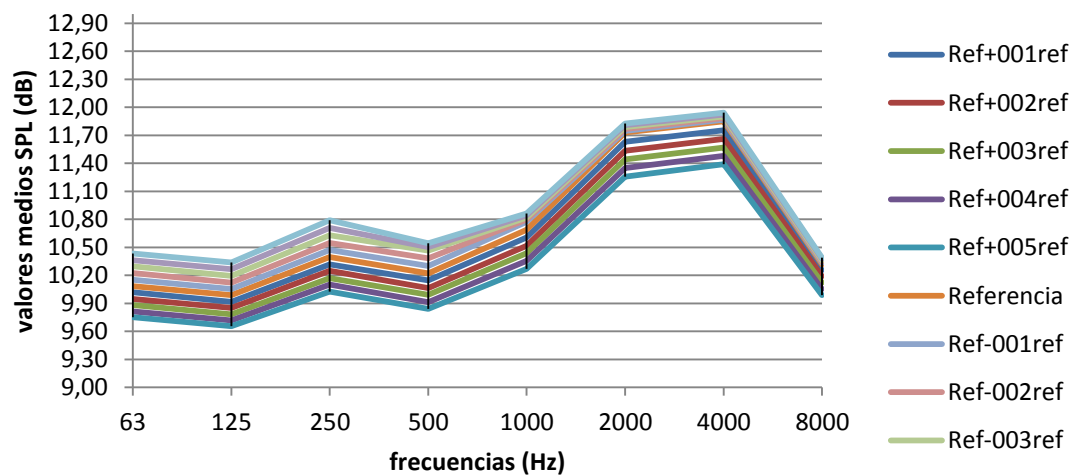
13.5. ANEXO 5: GRÁFICAS VARIACIONES POR FRECUENCIAS



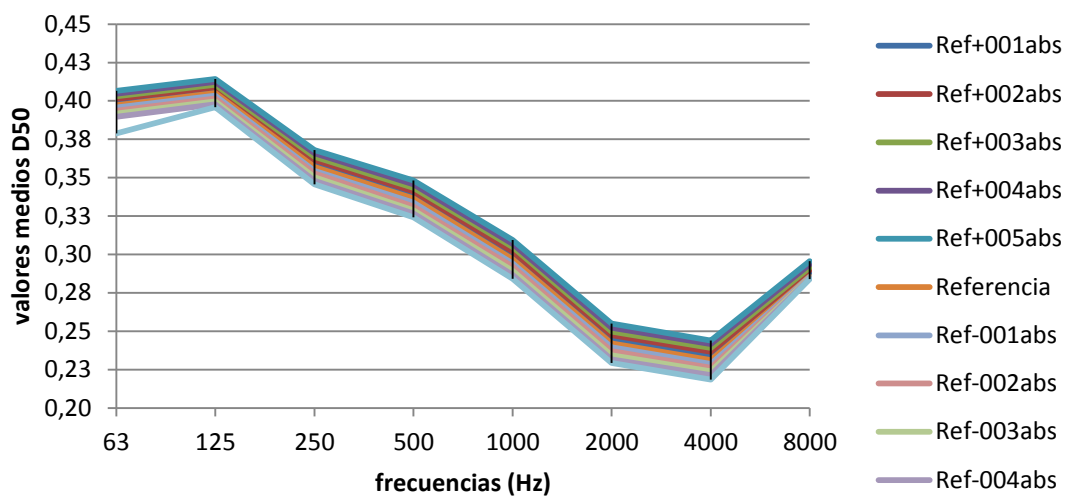
SPL material absorbente



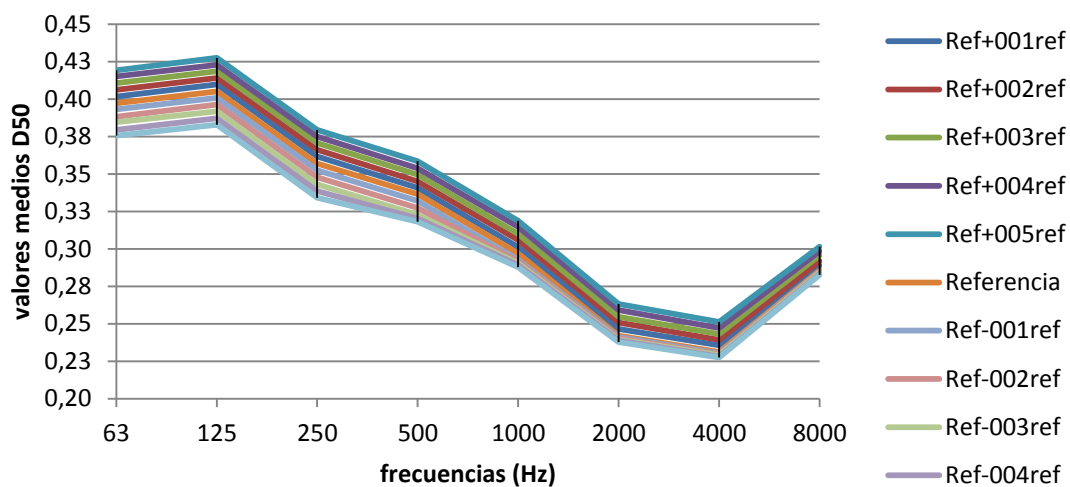
SPL material reflectante



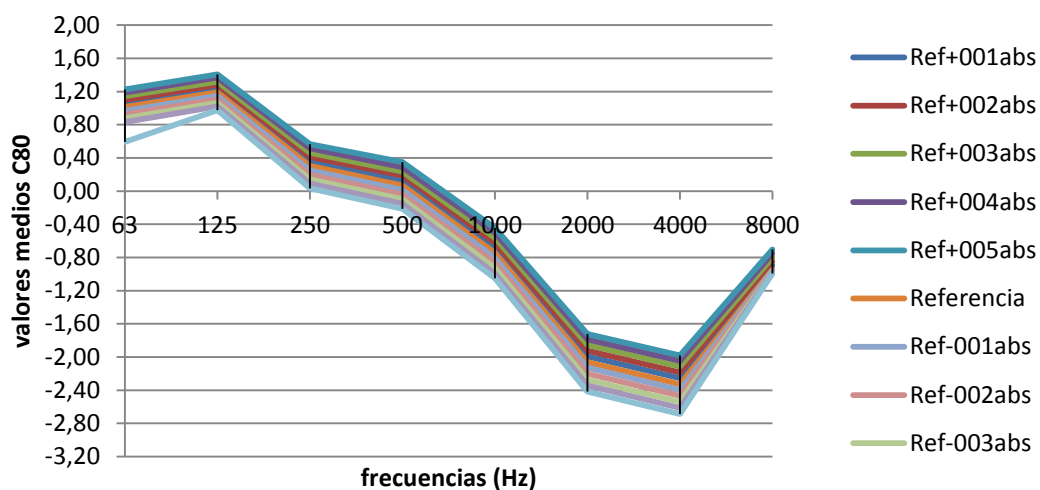
D50 material absorbente



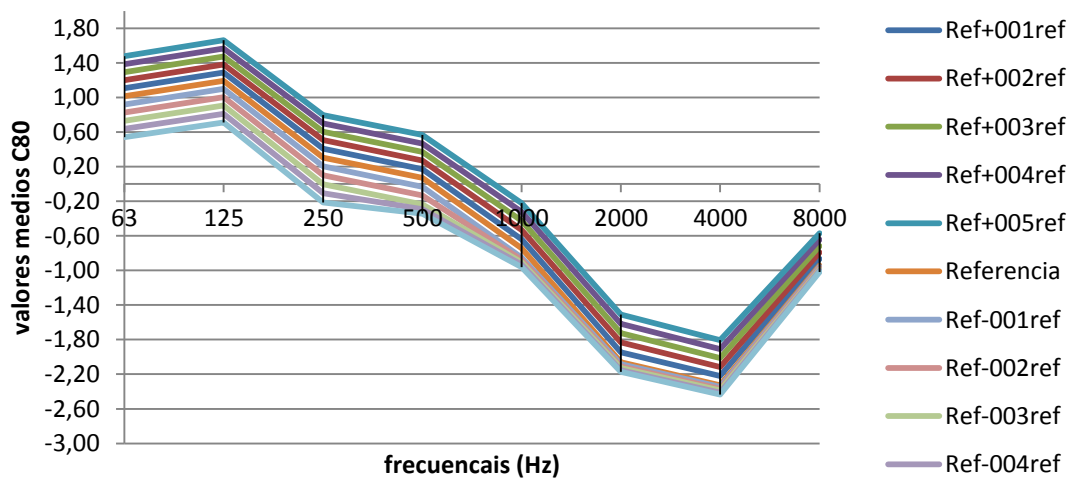
D50 material reflectante



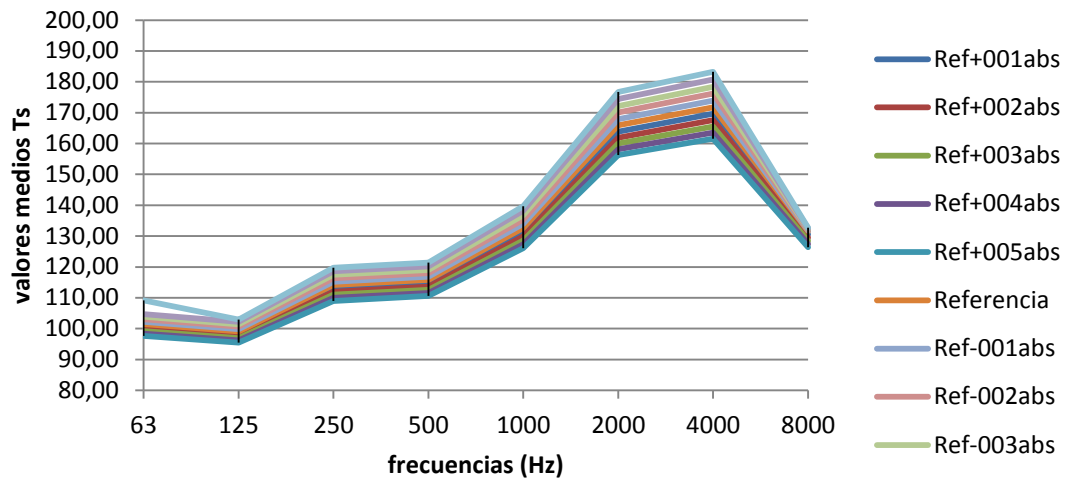
C80 material absorbente



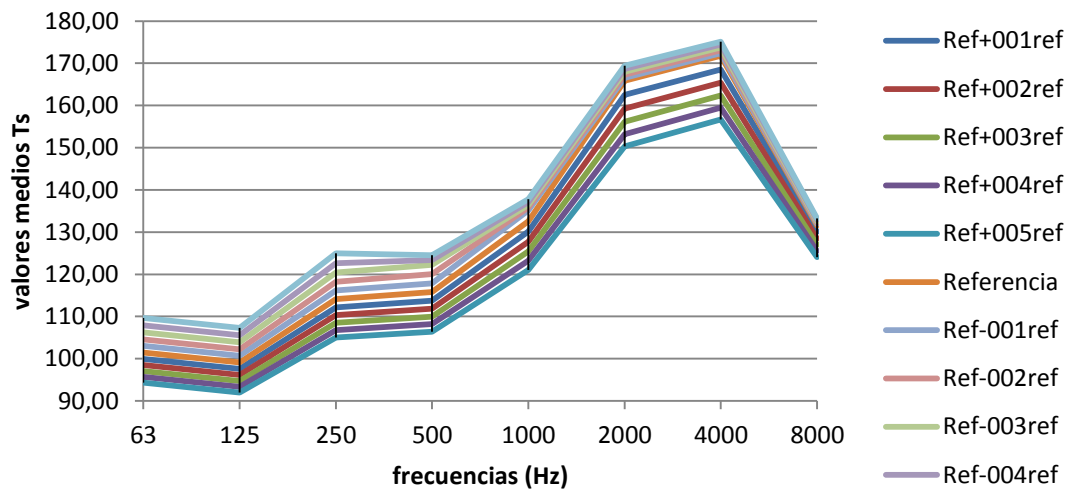
C80 material reflectante



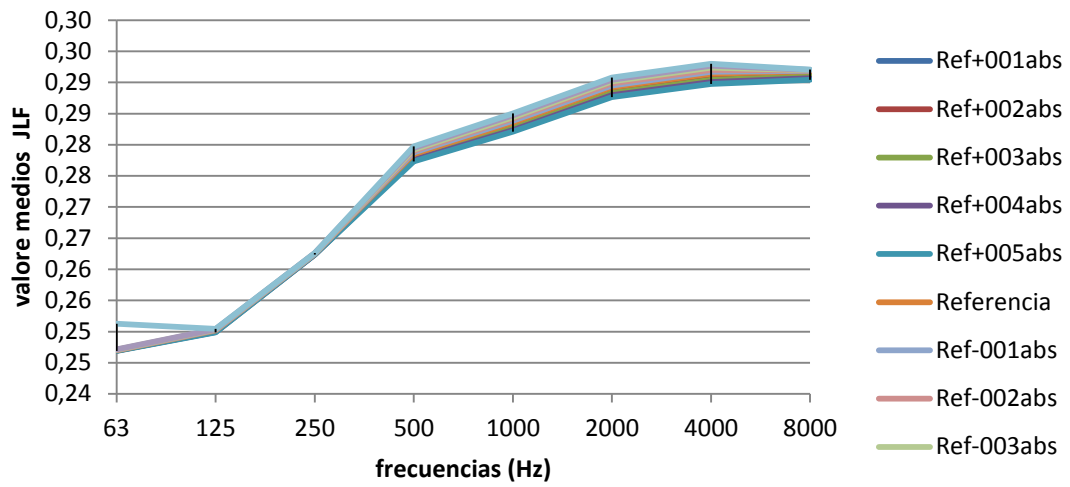
Ts material absorbente



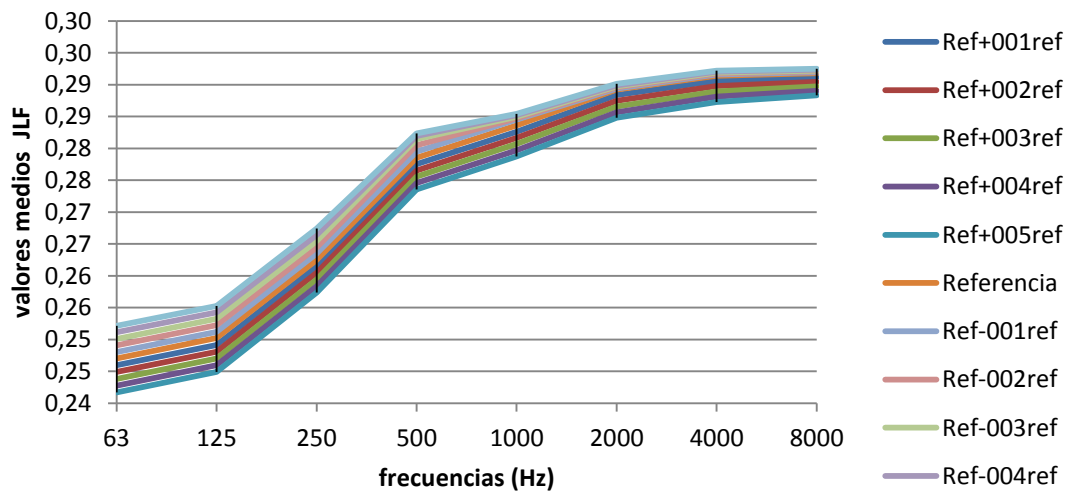
Ts material reflectante



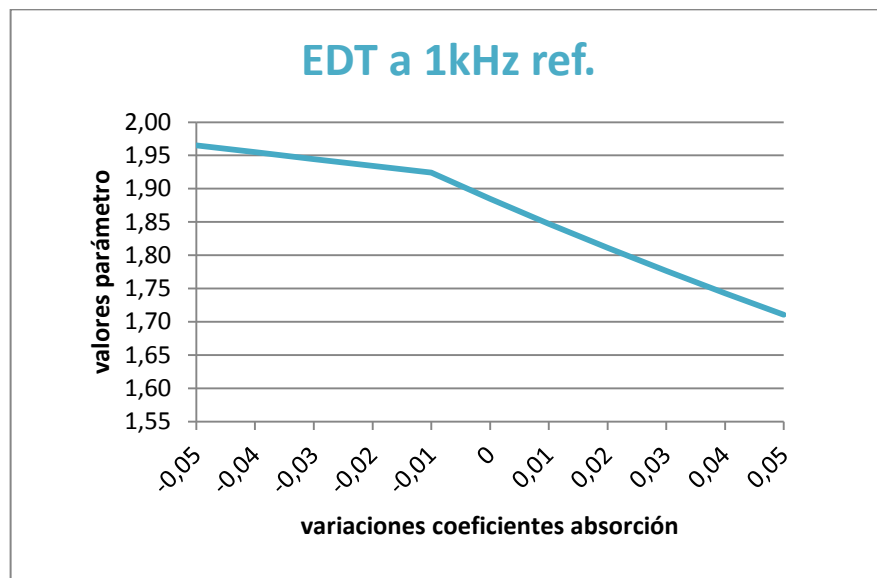
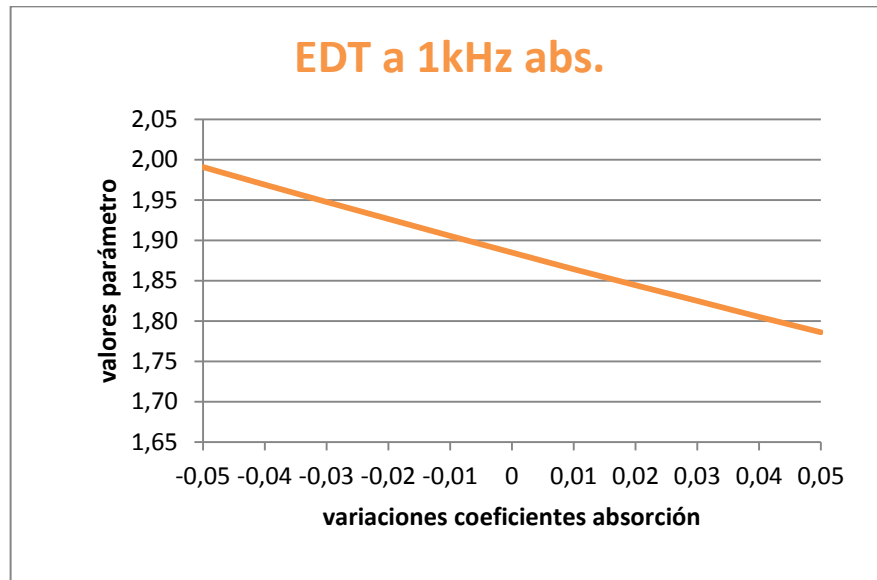
JLF material absorbente



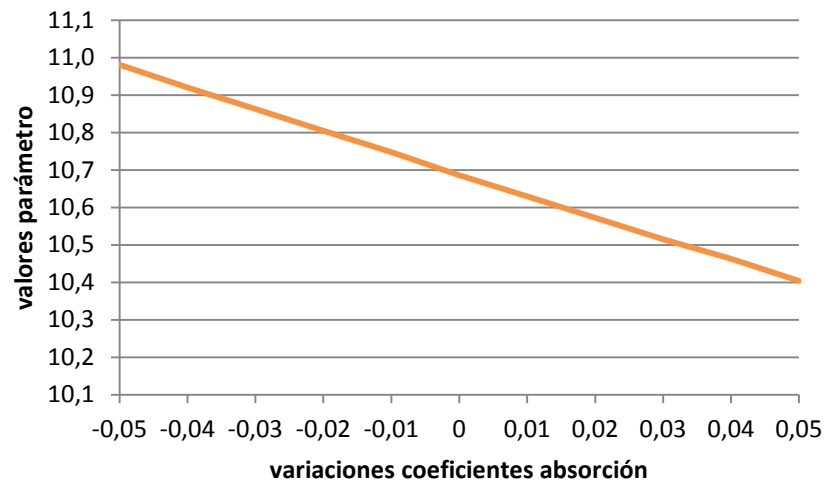
JLF material reflectante



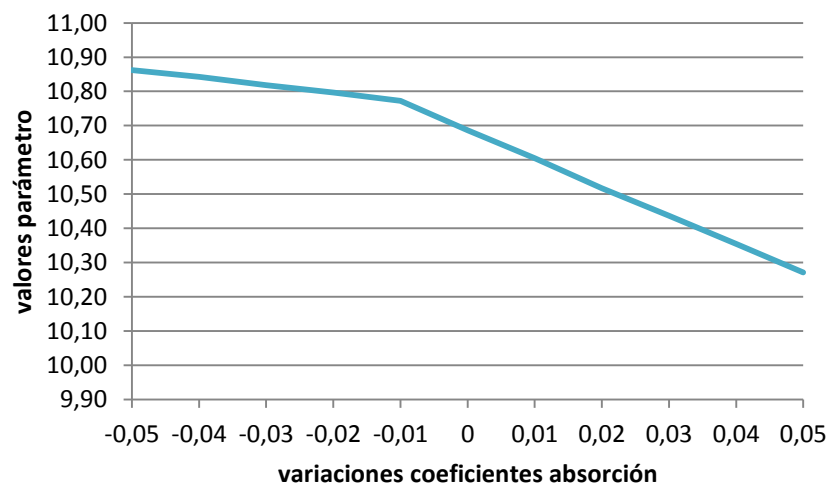
13.6. ANEXO 6: GRÁFICAS VARIACIONES A 1K



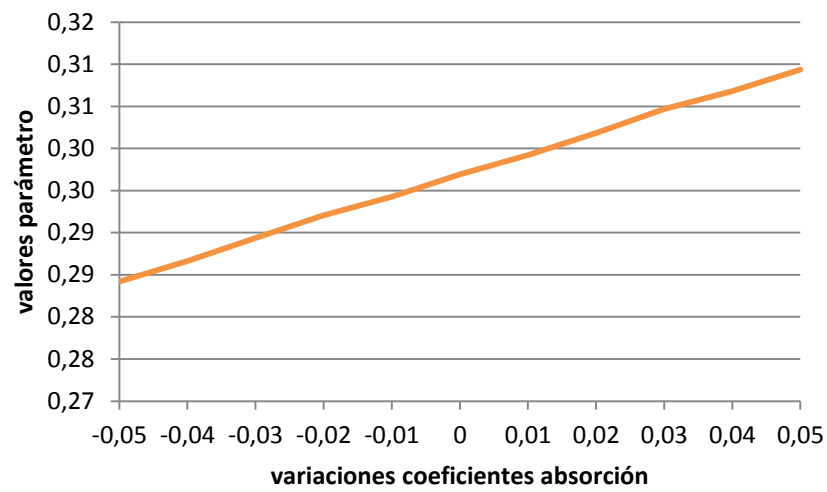
SPL a 1kHz abs.



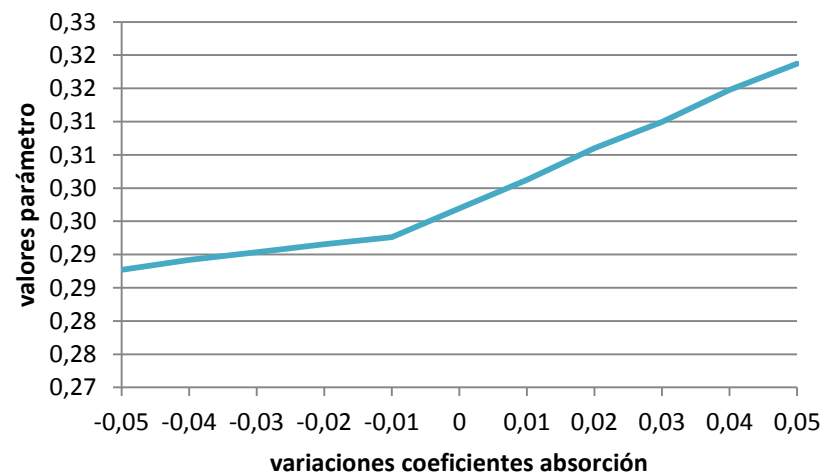
SPL a 1kHz ref.

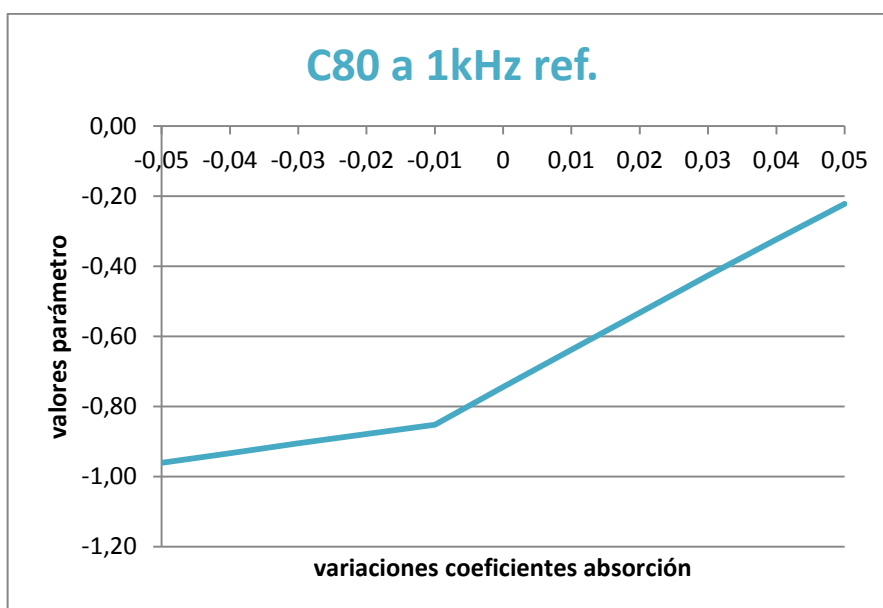
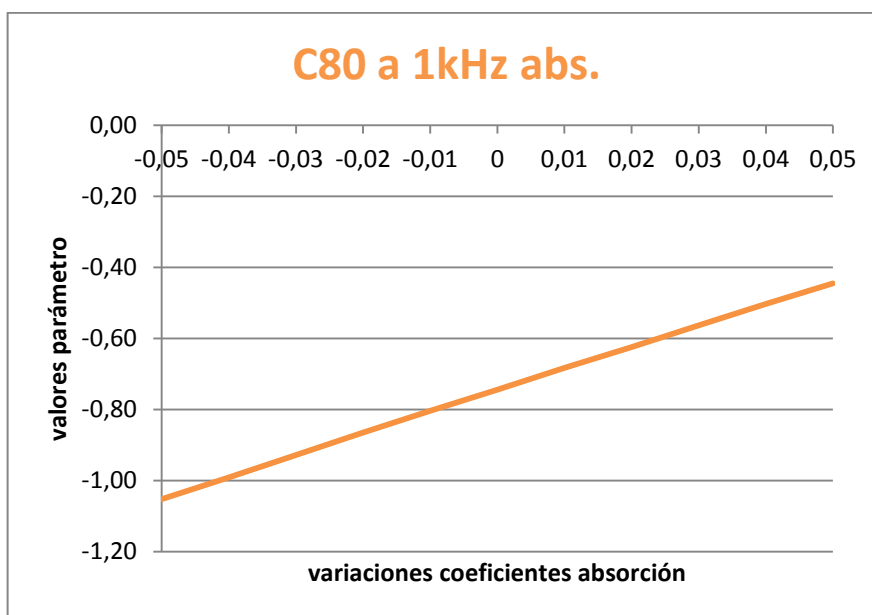


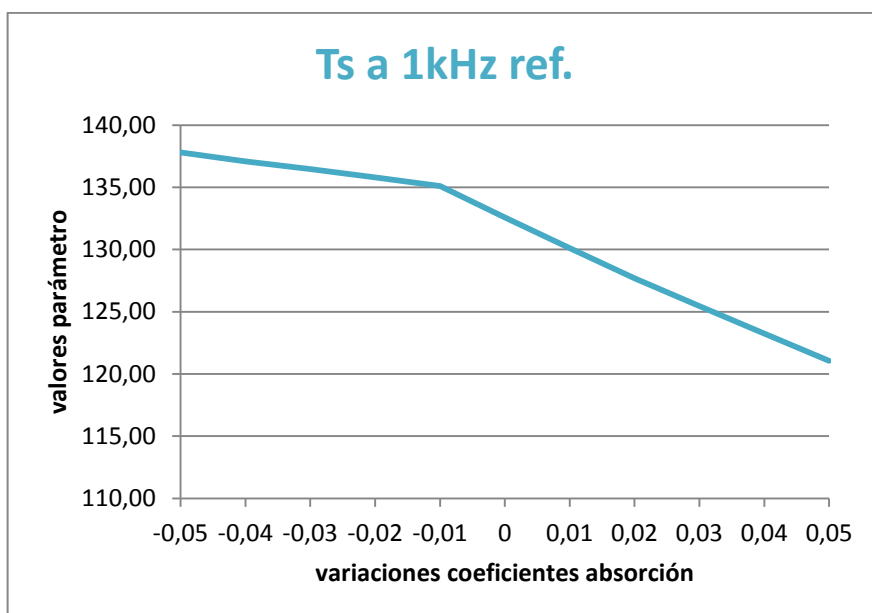
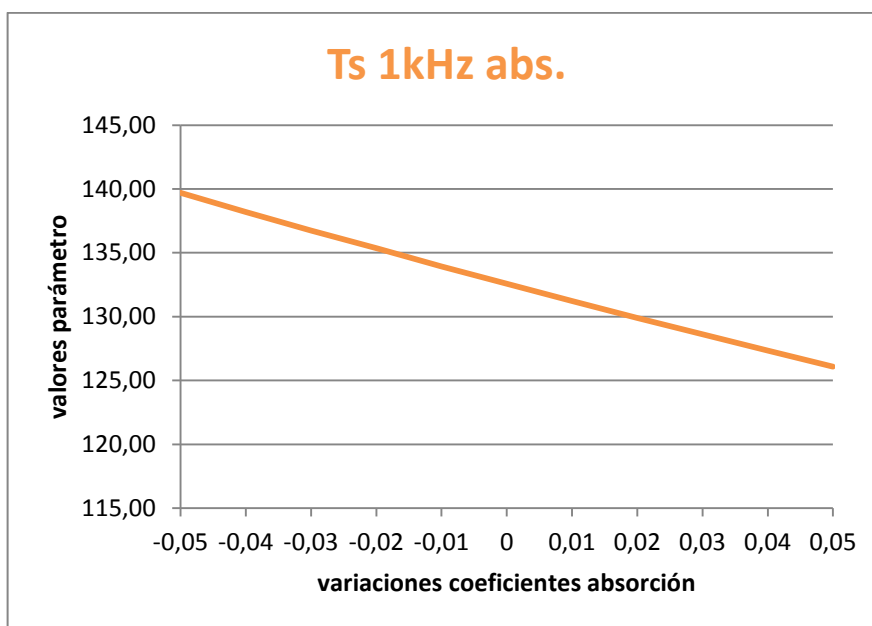
D50 a 1kHz abs.



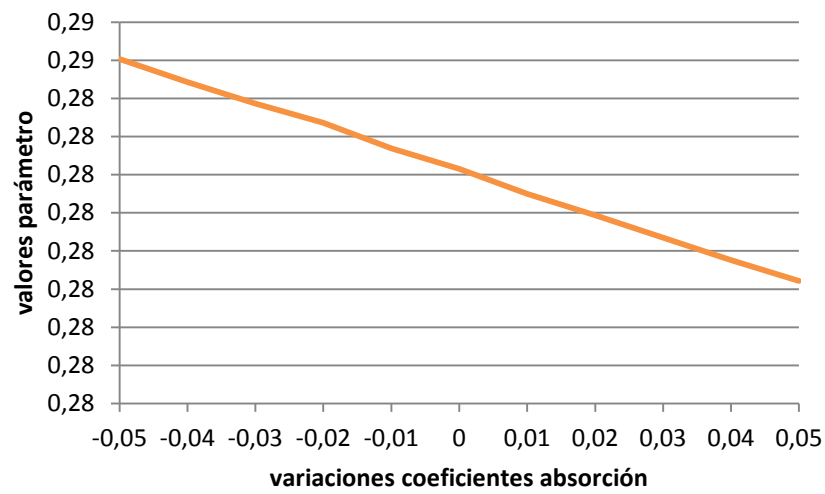
D50 a 1kHz ref.







JLF a 1kHz abs.



JLF a 1kHz ref.

